

# **Die subfossile Diatomeenflora der westlichen Ostsee**

Biostratigrafische Untersuchungen  
an spät- und postglazialen Sedimenten  
des Kattegats, der Kieler Bucht und der Pommerschen Bucht

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften

vorgelegt beim Fachbereich Biologie  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
in Frankfurt am Main

von  
Anja Broszinski  
aus Kreuztal

Frankfurt am Main  
2002

Nature is what we know  
But have no art to say,  
So impotent our wisdom is  
To Her simplicity.

Emily Dickinson

**Inhaltsübersicht**

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>Untersuchungsgebiet</b>	<b>3</b>
<b>Material und Methoden</b>	<b>14</b>
<b>Authentizität der Thanathozönose</b>	<b>31</b>
<b>Kernprofile aus dem Kattegat</b>	<b>38</b>
<b>Landschaftsentwicklung des Kattegats</b>	<b>89</b>
<b>Kernprofil aus der Kieler Bucht</b>	<b>103</b>
<b>Landschaftsentwicklung der Kieler Bucht</b>	<b>115</b>
<b>Kernprofile aus der Pommerschen Bucht</b>	<b>123</b>
<b>Landschaftsentwicklung der Pommerschen Bucht</b>	<b>157</b>
<b>Weitere Mikrofossilien</b>	<b>164</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>182</b>
<b>Bibliografie</b>	<b>186</b>
<b>Anhang</b>	<b>200</b>

## Inhalt

Verzeichnis der Abbildungen	VI
Verzeichnis der Tabellen	VII
Verzeichnis der Tafeln	VIII
Verzeichnis der Abkürzungen	VIII
<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>Untersuchungsgebiet</b>	<b>3</b>
<b>Die rezente Ostsee</b>	<b>3</b>
<b>Die untersuchten Teilgebiete der Ostsee</b>	<b>4</b>
Das Kattegat	4
Die Kieler Bucht	4
Die Pommersche Bucht	6
<b>Die Geschichte der Ostsee</b>	<b>6</b>
Die Weichsel-Eiszeit	7
Der Baltische Eisstausee, 12.600 - 10.300 Jahre BP	8
Das Yoldia-Meer, 10.300 - 9.500 Jahre BP	8
Der Ancylus-See, 9.500 - 8.000 Jahre BP	9
Das Mastogloia-Meer, 8.000 - 7.000 Jahre BP	9
Das Littorina-Meer, 7.000 - 4.000 Jahre BP	10
Das Lymnaea-Meer, 4.000 - 400 Jahre BP	10
Das Mya-Meer, seit 400 Jahren	11
<b>Die Geschichte des Kattegats</b>	<b>12</b>
<b>Material und Methoden</b>	<b>14</b>
<b>Herkunft und Probennahme</b>	<b>14</b>
<b>Präparation des Materials</b>	<b>14</b>
<b>Mikroskopie</b>	<b>15</b>
Herstellung von Streupräparaten für die Lichtmikroskopie	15
Lichtmikroskopie	15
Herstellung von Streupräparaten für die Raster-Elektronen-Mikroskopie (REM)	15
Raster-Elektronen-Mikroskopie	16
<b>Identifizierung und Auszählung der Diatomeen</b>	<b>16</b>
<b>Authentizität der Thanathozönose</b>	<b>18</b>
Erhaltungsgrad der Diatomeenschalen	18
Anzahl der Taxa	18
Konservierungspotenzial (KoP) der Diatomeenschalen	19
<b>Dokumentation weiterer fossiler Mikroorganismen</b>	<b>19</b>
<i>Chaetoceros</i> -Dauersporen	19
Chrysophyceen-Zysten	19
Organisch-wandige Mikrofossilien	20
Silicoflagellaten	20
<b>Formation von Zonen und Subzonen</b>	<b>20</b>
Berechnung der strukturellen Ähnlichkeit	21



---

<b>Rekonstruktion der Salinität</b>	<b>22</b>
Florenzusammensetzung und Autökologie	22
Berechnung des Halobienindex	23
Weitere Indikator-Organismen	25
<b>Rekonstruktion des pH-Wertes</b>	<b>25</b>
Florenzusammensetzung und Autökologie	25
Berechnung des pH-Wertes	26
<b>Rekonstruktion der Wassertiefe</b>	<b>26</b>
<b>Rekonstruktion der Trophie</b>	<b>27</b>
Berechnung des Trophie-Index	27
Florenzusammensetzung und Autökologie	28
<b>Rekonstruktion der Wassertemperatur</b>	<b>29</b>
<b>Ergänzende Untersuchungen</b>	<b>29</b>
Sedimentologie	29
Altersbestimmung	29
Makrofossilien	29
<b>Authentizität der Thanathozönose</b>	<b>31</b>
Konservierungspotenzial der Schalen	31
Artenzusammensetzung und Artenanzahl	32
Diatomeenkonzentration	33
Chemisch-physikalische Charakteristika des Wasserkörpers	33
Dauer der Exposition	34
Lösungsprozesse im Sediment	35
Biologische Aktivitäten	35
Transportweg und Wellenenergie am Standort	35
Beurteilung der Authentizität	36
<b>Kernprofile aus dem Kattegat</b>	<b>38</b>
<b>Bohrkern 572019</b>	<b>39</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	39
Biostratigrafische Auswertung	40
<b>Bohrkern 572002</b>	<b>42</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	42
Biostratigrafische Auswertung	46
<b>Bohrkern 572011</b>	<b>51</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	51
Biostratigrafische Auswertung	54
<b>Bohrkern 572012</b>	<b>59</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	59
Biostratigrafische Auswertung	61
<b>Bohrkern 572013</b>	<b>65</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	65
Biostratigrafische Auswertung	68

<b>Bohrkern 572015</b>	<b>71</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	71
Biostratigrafische Auswertung	74
<b>Bohrkern 572014</b>	<b>77</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	77
Biostratigrafische Auswertung	79
<b>Bohrkern 572023</b>	<b>81</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	81
Biostratigrafische Auswertung	83
<b>Bohrkern 572001</b>	<b>86</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	86
Biostratigrafische Auswertung	87
<b>Landschaftsentwicklung des Kattegats</b>	<b>89</b>
Spätglazial (SG)	89
Holozän 1 (H1)	90
Holozän 2 (H2)	91
Holozän 2a (H2a)	94
Holozän 2b (H2b)	96
Holozän 2c (H2c)	97
Holozän 3 (H3)	99
<b>Kernprofil aus der Kieler Bucht</b>	<b>103</b>
<b>Bohrkern 564052</b>	<b>104</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	104
Biostratigrafische Auswertung	109
<b>Landschaftsentwicklung der Kieler Bucht</b>	<b>115</b>
Frühes Holozän (Ancyclus)	115
Atlantikum (Mastogloia)	115
Mastogloia 1 (M1)	116
Mastogloia 2 (M2)	118
Atlantikum (Littorina)	120
<b>Kernprofile aus der Pommerschen Bucht</b>	<b>123</b>
<b>Bohrkern 212860</b>	<b>124</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	124
Biostratigrafische Auswertung	126
<b>Bohrkern 212790</b>	<b>131</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	131
Biostratigrafische Auswertung	135
<b>Bohrkern 212810</b>	<b>141</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	141
Biostratigrafische Auswertung	144

<b>Landschaftsentwicklung der Pommerschen Bucht</b>	<b>157</b>
Spätglazial (Baltischer Eisstausee)	157
Alleröd und Jüngere Dryas	158
Frühes Holozän (Ancylus)	159
Atlantikum (Mastogloia)	160
Atlantikum→Subatlantikum (Littorina→Postlittorina)	162
<b>Weitere Mikrofossilien</b>	<b>164</b>
<b><i>Chaetoceros</i>-Dauersporen</b>	<b>164</b>
Biostratigrafische Ergebnisse: Sporentypen	164
Biostratigrafische Ergebnisse: Häufigkeit und Verteilung	164
Biostratigrafische Auswertung	166
<b>Chrysophyceen-Zysten</b>	<b>169</b>
Biostratigrafische Ergebnisse: Zystentypen	169
Biostratigrafische Ergebnisse: Häufigkeit und Verteilung	169
Biostratigrafische Auswertung	171
<b><i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann</b>	<b>174</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	174
Biostratigrafische Auswertung	174
<b><i>Distephanus speculum</i> (Ehrenberg) Haeckel</b>	<b>176</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	176
Biostratigrafische Auswertung	176
<b>Organisch-wandige Mikrofossilien</b>	<b>178</b>
Biostratigrafische Ergebnisse	178
Biostratigrafische Auswertung	178
<b>Zusammenfassung</b>	<b>182</b>
<b>Bibliografie</b>	<b>186</b>
<b>Anhang</b>	<b>200</b>
Gesamtartenliste	201
A1 bis A12	

## Verzeichnis der Abbildungen

### Abbildungen im Text

Abb. 1	Lage der Untersuchungsgebiete	5
Abb. 2	Die Entwicklungsstadien der Ostsee	11
Abb. 3	Paläogeografische Karten des Kattegats	13
Abb. 4	Zählmethode nach SCHRADER & GERSONDE (1978), leicht verändert	17
Abb. 5	Die Kernstationen im Kattegat	38
Abb. 6	Paläogeografische Karten des Kattegats	89
Abb. 7	Verbreitung der H <sub>2</sub> -Sedimente im südwestlichen Kattegat	92
Abb. 8	Paläogeografische Karten des Kattegats	99
Abb. 9	Seismoakustisches Profil des südwestlichen Kattegats	100
Abb. 10	Die Kernstation in der Kieler Bucht	103
Abb. 11	Paläogeografische Karten der Kieler Bucht und der Mecklenburger Bucht	115
Abb. 12	Paläogeografische Karte der Kieler Bucht	119
Abb. 13	Die Kernstationen in der Pommerschen Bucht	123
Abb. 14	Paläogeografische Karte der Pommerschen Bucht	157
Abb. 15	Paläogeografische Karte der Pommerschen Bucht	159
Abb. 16	<i>Chaetoceros</i> -Sporen in Bk 212810	165
Abb. 17	Chrysophyceen-Zysten in Bk 212810	170

### Abbildungen im Anhang

Abb. A1	Kernprofil 572002
Abb. A2	Kernprofil 572011
Abb. A3	Kernprofil 572012
Abb. A4	Kernprofil 572013
Abb. A5	Kernprofil 572015
Abb. A6	Kernprofil 572014
Abb. A7	Kernprofil 572023
Abb. A8	Kernprofil 572001
Abb. A9	Kernprofil 564052
Abb. A10	Kernprofil 212860
Abb. A11	Kernprofil 212790
Abb. A12	Kernprofil 212810

## Verzeichnis der Tabellen

### Tabellen im Text

Tab. 1	Die Stadien der Ostsee-Entwicklung und ihre Leitformen	7
Tab. 2	Umrechnung der relativen Häufigkeiten in „Schätzhäufigkeiten“ nach HOFMANN (1995)	24
Tab. 3	Technische Daten der untersuchten Bohrkern	30
Tab. 4	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572019	39
Tab. 5	Verteilung der Artengruppen nach ihren Salinitätspräferenzen in Zone 2, Bk 572019	40
Tab. 6	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572002	42
Tab. 7	Dominante und häufige Taxa in Zone 4, Bk 572002	44
Tab. 8	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572011	51
Tab. 9	Dominante und häufige Taxa in Zone 4, Bk 572011	53
Tab. 10	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572012	59
Tab. 11	Dominante und häufige Taxa in Zone 1, Bk 572012	60
Tab. 12	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572013	65
Tab. 13	Dominante und häufige Taxa in Zone 1, Bk 572013	66
Tab. 14	Dominante und häufige Taxa in Zone 2, Bk 572013	67
Tab. 15	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572015	71
Tab. 16	Dominante und häufige Taxa in Zone 1, Bk 572015	71
Tab. 17	Dominante und häufige Taxa in Zone 2, Bk 572015	73
Tab. 18	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572014	77
Tab. 19	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572023	81
Tab. 20	Dominante und häufige Taxa in Zone 1, Bk 572023	82
Tab. 21	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572001	86
Tab. 22	Dominante und häufige Taxa in Zone 2, Bk 572001	87
Tab. 23	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 564052	104
Tab. 24	Dominante und häufige Taxa in Zone 1, Bk 564052	105
Tab. 25	Dominante und häufige Taxa in Zone 3, Subzone 1, Bk 564052	108
Tab. 26	Dominante und häufige Taxa in Zone 3, Subzone 2, Bk 564052	109
Tab. 27	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 212860	124
Tab. 28	Dominante und häufige Taxa in Zone 1, Bk 212860	125
Tab. 29	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 212790	131
Tab. 30	Dominante und häufige Taxa in Zone 2, Subzone 2, Bk 212790	132
Tab. 31	Dominante und häufige Taxa in Zone 2, Subzone 4, Bk 212790	134
Tab. 32	Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 212810	141
Tab. 33	Verbreitung der Hydrodictyaceen und Scenedesmaceen in Zone 3, Bk 212790	178

### Tabellen im Anhang

Tab. A1	Gesamtartenliste	201
---------	------------------	-----

## **Verzeichnis der Tafeln**

Tafel 1	152
Tafel 2	154
Tafel 3	156
Tafel 4	181

## **Verzeichnis der Abkürzungen**

Bk	Bohrkern
BP	before present
KoP	Konservierungspotenzial
NN	Normal Null
T	Teufe
TP	Gesamtphosphorkonzentration

## Einleitung

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts ist die Entwicklungsgeschichte der Ostsee Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Zunächst wurde anhand der Sedimente auf dem schwedischen Festland eine Gliederung der Ostseegeschichte in limnische, brackige und marine Phasen entwickelt. Inzwischen ist dieses System auf die gesamte Ostsee übertragen worden. Die Entstehung der einzelnen Phasen lässt sich auf die isostatische Anhebung Skandinaviens und den eustatischen Anstieg des Meeresspiegels zurückführen. Die Phasen unterscheiden sich dementsprechend nicht nur in der Salinität des Wassers, sondern auch in der Höhe des Wasserstands und der räumlichen Ausdehnung des Wasserkörpers voneinander.

Untersuchungsobjekte waren ursprünglich vor allem geologische bzw. geomorphologische Strukturen und Makrofossilien. Seit der Mitte des 20. Jahrhunderts wurde jedoch auch zunehmend die Mikroflora – hier vor allem die Diatomeen – untersucht. Dies war in etwa der Zeitpunkt, ab dem intensive Untersuchungen zur Taxonomie und Ökologie, z. B. Saprobie, pH-Wert, Salinität und Trophie, dieser Algengruppe durchgeführt wurden. Das schnell anwachsende Wissen über die ökologischen Präferenzen der einzelnen Arten führte dazu, dass Diatomeen sich als Bioindikatoren etablierten. Die Eigenschaften, die sie als solche prädestinieren, sind ihre weite Verbreitung, die rasche Generationsfolge und ihre Sensibilität gegenüber verschiedenen abiotischen Faktoren. Für paläoökologische Untersuchungen sind Diatomeen deshalb besonders gut geeignet, weil sie einen großen Teil ihrer charakteristischen Artmerkmale in Form von Porenmustern auf den verkieselten Schalen tragen. Kieselsäure ist, vor allem wenn sie nach der Fossilisation in Kristallstruktur vorliegt, ausgesprochen inert, sodass die Schalen dauerhaft erhalten bleiben.

Die Ostsee – vor kaum mehr als 14.000 Jahren entstanden – ist ein sehr junges Meer. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass sich weder die charakteristischen Artmerkmale auf den Schalen noch die ökologischen Präferenzen der Taxa innerhalb dieser, geologisch und evolutiv betrachtet, recht kurzen Zeitspanne geändert haben; Rückschlüsse von der Artenzusammensetzung der Thanathozöosen auf die Paläoumwelt sind also möglich.

Die einzelnen Teilgebiete der Ostsee sind unterschiedlich intensiv bearbeitet worden. Umfassende biostratigrafische Analysen liegen für das Gebiet der Danziger Bucht und des Gotlandbeckens vor. Teile des Arkonabeckens und des Bornholmbeckens wurden ebenfalls ausgiebig untersucht. In der Beltsee sind die biostratigrafischen Untersuchungen auf den Bereich der Mecklenburger Bucht beschränkt. Auch Untersuchungen der subfossilen Diatomeenflora des Kattegats sind selten. Diese Aufstellung zeigt, dass gerade Untersuchungen aus dem westlichen Abschnitt der Ostsee, der bei der Entwicklung der Ostsee aufgrund seiner Schwellenfunktion eine entscheidende Rolle inne hatte, deutlich unterrepräsentiert sind. Aus diesem Grund wurden drei Teilgebiete der westlichen Ostsee untersucht. Den Schwerpunkt bildete der südlich der Insel Anholt gelegene Teil des Kattegats. Des Weiteren standen Bohrkerne aus der Kieler Bucht und der Pommerschen Bucht zur Verfügung.

Ziel der Arbeit ist es, mithilfe der qualitativen und quantitativen Analyse der Diatomeenflora verschiedene abiotische Faktoren der Paläoumwelt zu rekonstruieren sowie Lage und Ausdehnung der Paläogewässer während der verschiedenen Entwicklungsstadien der Ostsee zu belegen. Zur Rekonstruktion von Salinität, pH-Wert, Trophie, Temperatur und Wassertiefe wurden neben der Analyse der Florenzusammensetzung und der autökologischen Ansprüche der identifizierten Taxa verschiedene Indikationssysteme getestet. Zusätzlich zu den Diatomeenschalen wurden andere Mikrofossilien, wie Diatomeen-Dauersporen, Chrysophyceen-Zysten und Silicoflagellaten, in die Auswertung mit einbezogen. Die biostratigrafischen Ergebnisse wurden mit seismischen und sedimentologischen Untersuchungen sowie AMS-Datierungen korreliert.



## Untersuchungsgebiet

### Die rezente Ostsee

Die Ostsee erstreckt sich vom 54. Breitengrad bis in die Nähe des Polarkreises und bedeckt eine Fläche von ca. 420.000 km<sup>2</sup>. Vor rund 14.000 Jahren am Ende der Weichsel-Vereisung entstanden, ist sie nicht nur eines der größten Brackwassermere der Erde sondern gleichzeitig auch eines der jüngsten.

Ihre Morphologie ist überwiegend glazigenen Ursprungs. Sichtbar wird der gestaltende Einfluss des Gletschereises heute vor allem in Küstennähe, z. B. in Form der Schären und Förden. Auf dem dem Auge verborgenen Boden der Ostsee sind es die Becken und Schwellen, bei denen es sich um durch Gletscher entstandene Übertiefungen bzw. End- oder Stauchmoränen handelt. Von diesen Formen leitet sich auch die morphologische Gliederung WATTENBERGS (1949) ab.

Die durchschnittliche Wassertiefe der Ostsee beträgt 52 m (RHEINHEIMER 1995). Ihre tiefste Stelle bildet das Landsorttief im westlichen Gotlandbecken mit 459 m unter NN. Wichtiger für die Wasserbilanz sind jedoch ihre flachsten Abschnitte, die Drogden Schwelle im Öresund (7 m unter NN) und die Darßer Schwelle (18 m unter NN). Diese sind auch biologisch relevant, da durch diese Schwellen der Einstrom des stark salzhaltigen Wassers in die östlichen Teilgebiete erheblich behindert wird (KELL 1973).

Das Wassereinzugsgebiet der Ostsee umfasst rund 1,7 Millionen km<sup>2</sup>. Neben den Anrainerstaaten entwässern auch Bereiche von Norwegen, Tschechiens und der Ukraine in die Ostsee. Die jährliche Wasserzufuhr durch Niederschläge und Flüsse beträgt ca. 749 km<sup>3</sup>. Die Verdunstungsrate ist mit 207 km<sup>3</sup> pro Jahr erheblich geringer (FENNEL 1995). Das führt zu einem permanenten Ausstrom salzärmeren Oberflächenwassers in die Nordsee. Das salzreiche Tiefenwasser, das nur unregelmäßig über den Skagerrak in die Ostsee eindringt, vermischt sich aufgrund seiner höheren Dichte kaum mit dem Oberflächenwasser. Das ist die Ursache für die stabile Halokline, durch die sich der Wasserkörper der Ostsee über seine gesamte Fläche hinweg auszeichnet. Dabei sinkt der Salzgehalt sowohl des Oberflächen- als auch des Tiefenwassers, je weiter man sich nach Osten bzw. Norden bewegt. Im Kattegat beträgt er oberflächlich noch durchschnittlich 20 ‰, in der Tiefe etwa 33 ‰ (RYDBERG & SUNDBERG 1984). In der Gotlandsee und der Bottensee sinkt der Salzgehalt des

Oberflächenwassers auf 8 ‰ bzw. 3,5 ‰ ab. Der Gehalt des Tiefenwassers beträgt in der Gotlandsee 12 ‰ und in der Bottensee 7 ‰ (SAMUELSSON 1996). Die höhere Temperatur des Oberflächenwassers trägt zusätzlich zur Stabilität dieser Schichtung bei. In der zentralen Ostsee liegt die thermohaline Dichtesprungschicht etwa in einer Tiefe zwischen 60 und 80 m (MATTHÄUS 1995), im Kattegat unterhalb von 15 m (RYDBERG & SUNDBERG 1984).

Im Gegensatz zu den Gegebenheiten in der Nordsee sind die Schwankungen des Wasserstandes in der Ostsee weitgehend unabhängig von den Gezeiten. Der Tidenhub wirkt sich in allen Teilgebieten nur gering aus, 15 cm werden nie überschritten (LASS & MAGAARD 1995). Weitaus größer ist hier die Beeinflussung des Wasserstandes durch die Eigenschwingungen der Wassermassen, den Seiches, die abhängig von den Wind- und Luftdruckverhältnissen entstehen (ibd.).

## **Die untersuchten Teilgebiete der Ostsee**

Die in dieser Arbeit untersuchten Bohrkerne stammen aus drei verschiedenen Abschnitten der Ostsee (Abb. 1), dem Kattegat, der Kieler Bucht und der Pommerschen Bucht, die verschiedenen morphologischen Teilgebieten zugerechnet werden (WATTENBERG 1949).

### **Das Kattegat**

Das Kattegat grenzt im Norden an den Skagerrak und bildet zusammen mit der Beltsee das Übergangsgebiet von der Nordsee und dem Atlantischen Ozean zur Ostsee. Es handelt sich um einen flachen Meeresabschnitt mit einer Oberfläche von 17.700 km<sup>2</sup> (RYDBERG 1987). Die durchschnittliche Tiefe beträgt 20 m, die tiefste Stelle mit 124 m unter NN liegt östlich der Insel Læsø. Die Halokline liegt hier durchschnittlich in einer Tiefe von 15 m unter NN. Der Salzgehalt des Oberflächenwassers variiert zwischen 15 und 30 ‰, der des Tiefenwassers zwischen 32 und 34 ‰ (RYDBERG & SUNDBERG 1984).

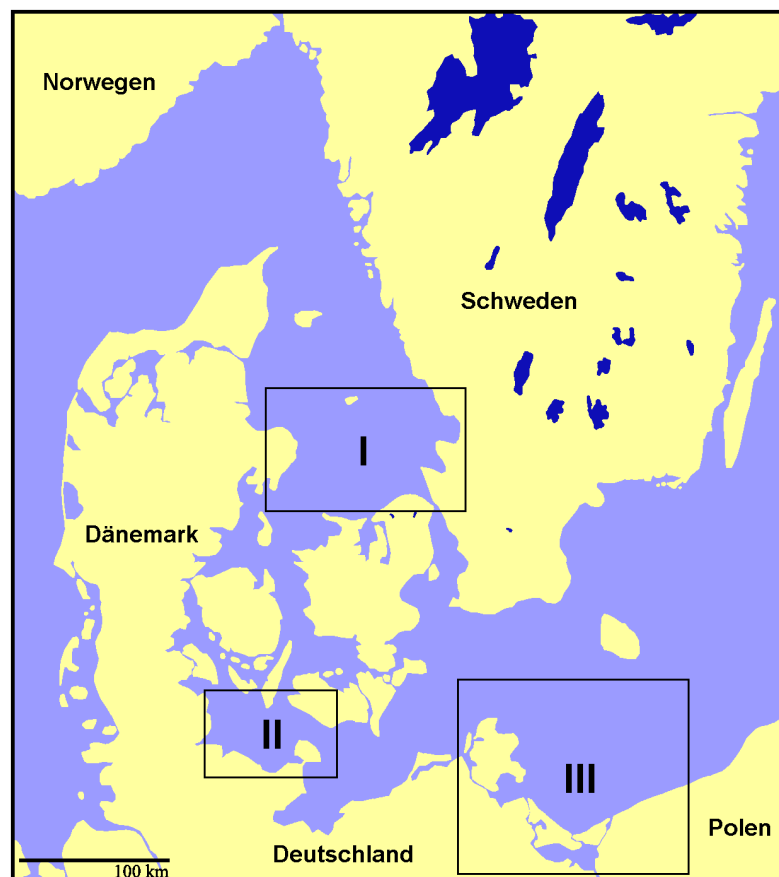
Alle bearbeiteten Bohrkerne (20) stammen aus dem südlich der Insel Anholt gelegenen Teil des Kattegats aus Wassertiefen zwischen 21 und 35 m (Abb. 5).

### **Die Kieler Bucht**

Die Kieler Bucht bedeckt eine Fläche von ca. 2.600 km<sup>2</sup>, und ihre durchschnittliche Wassertiefe beträgt 16,3 m (MILKERT 1994). Sie ist ein Teil der Beltsee und somit an

dem dort stattfindenden Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee beteiligt und durch ihn beeinflusst. Das führt u. a. dazu, dass die Umweltbedingungen im gesamten Bereich sowohl zeitlich als auch räumlich sehr variabel sind. Diese Variabilität wirkt sich nicht nur an der Oberfläche aus, sondern hat einen großen Einfluss auf den gesamten Wasserkörper. So variiert der Salzgehalt nicht nur an der Oberfläche stark (10 bis 21 ‰), auch im Tiefenwasser schwankt er zwischen 14 und 28 ‰ (EVERSBERG 1990). Die Temperatur schwankt mit Werten zwischen -1 und +20 °C ebenfalls erheblich (ibd.).

Der bearbeitete Bohrkern stammt aus dem nordöstlichen Teil der Kieler Bucht, südlich vom Vinds Grav, aus einer Wassertiefe von 26,3 m (Abb. 10).



**Abb. 1:** Lage der Untersuchungsgebiete

I: Kattegat, II: Kieler Bucht, III: Pommersche Bucht (gelb: Land, hellblau: Salz-/Brackwasser, dunkelblau: Süßwasser)

## **Die Pommersche Bucht**

Bei der Pommerschen Bucht handelt es sich um einen ausgesprochen flachen Meeresabschnitt mit einer durchschnittlichen Wassertiefe von 15 m. Sie wird durch die Oderbank in zwei Bereiche geteilt, die unterschiedlichen morphologischen Teilgebieten zugerechnet werden. Der westliche Abschnitt gehört zur Arkonasee, der östliche zur Bornholmsee (WATTENBERG 1949). Die Grenze zwischen beiden Teilgebieten verlängert sich in nördlicher Richtung entlang des Adlergrundes und der Rönnebank. Der Salzgehalt des Wassers innerhalb der Pommerschen Bucht beträgt durchschnittlich zwischen 7 und 9 ‰ (LÖFFLER et al. 2000), und wird vor allem durch den Süßwassereintrag der Oder beeinflusst. Dieser beträgt pro Jahr durchschnittlich 18,1 km<sup>3</sup> (FENNEL 1995). In Abhängigkeit von der Windrichtung fließt der Hauptstrom entweder an der Küste von Rügen entlang in die Arkonasee (Ostwind) oder an der Ostseite der Oderbank entlang in die Bornholmsee (Westwind). Die bearbeiteten Bohrkerne (9) stammen aus dem der Bornholmsee zugehörigen, nordöstlichen Abschnitt der Pommerschen Bucht aus Wassertiefen zwischen 15 und 54 m (Abb. 13).

## **Die Geschichte der Ostsee**

Die geologische Forschung beschäftigt sich schon seit langer Zeit mit der Entwicklungsgeschichte der Ostsee. Beginnend in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden bis heute zahlreiche Untersuchungen durchgeführt (z. B. LINDSTRÖM 1886; MUNTHE 1910; SAURAMO 1958; FREDÉN 1967; GUDELIS & KÖNIGSSON 1979; VOIPIO 1981; BJÖRCK 1995). Die ersten Untersuchungen bezogen sich vor allem auf die aufgeschlossenen Sedimente des schwedischen Festlands. Inzwischen sind die dort gewonnenen Ergebnisse durch Untersuchungen der submarinen Sedimente bestätigt und erweitert worden.

Dementsprechend lässt sich die Entwicklung der Ostsee vom Spätglazial bis heute in mehrere Stadien gliedern (Tab. 1). Die einzelnen Abschnitte wurden u. a. von LINDSTRÖM (1886), DE GEER (1890) und MUNTHE (1910) beschrieben und weitgehend nach jeweils charakteristischen Mollusken benannt: der Baltische Eisstausee, das Yoldia-Meer, der Ancyclus-See, das Littorina-Meer und das Lymnaea-Meer.

Diese Unterteilung wurde noch zweimal erweitert. Anhand der Untersuchung der Diatomeenflora ergänzte THOMASSON (1927) zwei Übergangsstadien, die jeweils nach

charakteristischen Diatomeentaxa benannt wurden: das Echeneis-Meer zwischen Yoldia und Ancyclus und das Mastogloia-Meer zwischen Ancyclus und Littorina. HESSLAND (1945) trennte vom Lymnaea-Meer das Mya-Meer ab, welches die bisher letzte und noch aktuelle Phase der Ostsee-Entwicklung darstellt. Das Lymnaea- und das Mya-Stadium werden auch unter der Bezeichnung Postlittorina zusammengefasst (RAUKAS 1990; SOHLENIUS 1996).

Die Existenz der Hauptphasen (Baltischer Eisstausee, Yoldia, Ancyclus, Littorina, Lymnaea und Mya) wird heute kaum noch bezweifelt, die der expliziten Übergangsstadien jedoch von einigen Autoren abgelehnt (KESSEL & RAUKAS 1979; IGNATIUS et al. 1981; KESSEL et al. 1988).

**Tab. 1:** Die Stadien der Ostsee-Entwicklung und ihre Leitformen  
Die Angaben über die Dauer der einzelnen Stadien sind ° BJÖRCK (1995) und \* HYVÄRINEN et al. (1988) entnommen.

Stadium	Dauer / Jahre BP	Salinität	Leitform
Baltischer Eisstausee	° 12.600 - 10.300	Süßwasser	-
Yoldia-Meer	° 10.300 - 9.500	Salz-/Brackwasser	<i>Yoldia arctica</i>
Echeneis-Meer		Brackwasser	<i>Campylodiscus echeneis</i>
Ancyclus-See	° 9.500 - 8.000	Süßwasser	<i>Ancyclus fluviatilis</i>
Mastogloia-Meer	* 8.000 - 7.000	Brackwasser	<i>Mastogloia smithii</i>
Littorina-Meer	* 7.000 - 4.000	Salzwasser	<i>Littorina littorea</i>
Lymnaea-Meer	* 4.000 - 400	Brackwasser	<i>Lymnaea ovata</i>
Mya-Meer	* seit 400	Brackwasser	<i>Mya arenaria</i>

Die Vielfalt der Stadien belegt den äußerst wechselhaften Verlauf der Ostseege-schichte. Ausschlaggebend waren zwei Prozesse, die isostatische Anhebung Fen-noskandiens und der eustatische Anstieg des Meeresspiegels. Durch diese beiden Vorgänge wurden die Höhe des Wasserspiegels (Transgressions- und Regressi-onsphasen) und die Salinität des Wassers beeinflusst, durch die sich die einzelnen Stadien hauptsächlich voneinander unterscheiden. Im folgenden werden die wich-tigsten Phasen kurz vorgestellt und die sie kennzeichnenden Vorgänge und Beson-derheiten beschrieben.

### Die Weichsel-Eiszeit

Die Weichsel-Eiszeit ist die jüngste der drei Glazialzeiten (Elster, Saale, Weichsel). Das Gletschereis drang in dieser Periode weit auf das europäische Festland vor.

Anhand der Endmoränenzüge ist die Ausdehnung des Eisschildes im nördlichen Mitteleuropa gut nachweisbar. Der Höhepunkt der Weichsel-Vereisung wird von DUPHORN et al. (1995) auf ca. 20.000 Jahre BP datiert.

### **Der Baltische Eisstausee 12.600 - 10.300 Jahre BP (Abb. 2A)**

Während des Rückzugs des Eises war das freiwerdende Land zunächst von zahlreichen Seen und Toteis bedeckt. Wann genau aus diesen einzelnen Seen dann der Baltische Eisstausee entstanden ist, ist noch nicht bekannt (BJÖRCK 1995). Es gibt jedoch Hinweise, dass schon zwischen 12.600 und 12.000 Jahren BP der Baltische Eisstausee als große, zusammenhängende Wassermasse bestand und über den Öresund entwässerte. Im südöstlichen Kattegat konnten Sedimente dieser Zeit und diesem Prozess zugeordnet werden (BERGSTEN & NORDBERG 1992).

Vor etwa 12.000 Jahren BP wurde dieser Ausfluss durch Landhebungsprozesse verschlossen. Aufgrund des rapide abschmelzenden Eises stieg daraufhin der Wasserspiegel im Baltischen Eisstausee an. Ungefähr vor 11.200 Jahren BP sank der Wasserspiegel um 5 bis 10 m. BJÖRCK (1995) vermutet die Bildung eines neuen Ausflusses bei Billingen in Mittelschweden. 10.800 Jahre BP blockierte ein erneuter Eisvorstoß diesen Ausfluss wieder, so dass der Wasserspiegel im Baltischen Eisstausee zum zweiten Mal erheblich anstieg. Als sich das Eis zurückzog und der Abfluss über Billingen wieder möglich war, senkte sich der Wasserspiegel erneut um ca. 25 m auf das Niveau des Yoldia-Meers (ibd.). Die Yoldia-Phase begann.

In den Ablagerungen des Baltischen Eisstausees wurden bisher nur selten Fossilien nachgewiesen (JENSEN et al. 1997; KOWALCZYK et al. 1999).

### **Das Yoldia-Meer 10.300 - 9.500 Jahre BP (Abb. 2B)**

Benannt wurde dieses Stadium nach der Muschel *Yoldia arctica* (syn. *Portlandia arctica*), die rezent nur in arktischen Meeren zu finden ist. Zu Beginn der Yoldia-Phase bestand im Südwesten eine breite Landbrücke zwischen dem Kontinent und Südschweden. Bornholm war ebenfalls mit dem Festland verbunden. Charakteristisch für diesen Abschnitt der Entwicklung ist ein Salzwassereinbruch, der zwischen 10.000 und 9.800 Jahren BP über die Närke-Straße in Mittelschweden erfolgte. Viele Autoren berichten von der Ausbildung einer Brackwasserflora in Küstenabschnitten vor Mittelschweden, Finnland, Estland und Polen (THOMASSON 1927; SAURAMO 1958; ABELMANN 1985; ROBERTSSON 1990). Einige bezweifeln jedoch, dass dieser

Salzwassereinbruch umfassend genug war, um alle Bereiche des Yoldia-Meers zu erreichen. Sie vertreten die Ansicht, dass es sich um ein regional stark begrenztes Phänomen handelte, das nur Auswirkungen auf das schwedische Festland und den Bereich zwischen Öland und Gotland hatte (ABELMANN 1985; RAUKAS 1990; WITKOWSKI 1994).

Unbestritten ist, dass es sich um ein sehr kurzlebiges Phänomen handelte, da durch die Landhebungsprozesse der Einstrom von Salzwasser nach ca. 200 Jahren unterbunden wurde. Das Yoldia-Meer süßte aus, die Ancylus-Phase begann.

Die Diatomeenflora des Yoldia-Meers ist in den meisten Fällen gut überliefert (ABELMANN 1985; ROBERTSON 1990; WITKOWSKI 1994).

### **Der Ancylus-See 9.500 - 8.000 Jahre BP (Abb. 2C)**

Der Name dieses Stadiums wurde von der Süßwasserschnecke *Ancylus fluviatilis* abgeleitet, die man auch heute noch in vielen Binnengewässern Mitteleuropas findet. Durch die zunehmend starke Landhebung wurde der Ancylus-See zwischen 9.500 und 9.200 Jahren BP vom Meer weitgehend isoliert und aufgestaut. Das hatte zur Folge, dass vor allem der südliche Raum überflutet wurde, da sich dort die Landhebung nur gering auswirkte (BJÖRCK 1995; LEMKE 1998). Vor 9.200 Jahren BP etablierte sich ein Ausfluss, so dass sich der Wasserspiegel sehr schnell auf die Höhe des Meeresspiegels senkte. KOLP (1986) spricht in diesem Zusammenhang von einem "katastrophalen" Ereignis. BJÖRCK (1995) hält einen Ausfluss im Bereich der Darßer Schwelle mit dem weiteren Verlauf über den Fehmarn-Belt und den Großen Belt für wahrscheinlich. Noch ist der vollständige Verlauf des Abflusses jedoch nicht geklärt. Es wird vermutet, dass zumindest ein Teil der Entwässerung des Ancylus-Sees über Mittelschweden erfolgte (LEMKE 1998; JENSEN et al. 1999).

Diatomeen der Ancyluszeit sind im allgemeinen gut überliefert und anhand zahlreicher Untersuchungen dokumentiert (BROCKMANN 1954; MILLER & ROBERTSON 1979; LANGE & WULFF 1980; ABELMANN 1985; WITKOWSKI 1994; WESTMANN & SOHLENIUS 1998; JENSEN et al. 1999).

### **Das Mastogloia-Meer 8.000 - 7.000 Jahre BP**

Erste Hinweise auf marine Intrusionen werden in der Mecklenburger Bucht und in Südschweden auf ein Alter von 8.200 bis 8.000 Jahren BP datiert (ERONEN et al. 1990; BJÖRCK 1995). Damit begann die Mastogloia-Phase, das brackige

Übergangsstadium zwischen Ancyclus und Littorina, das nach der Diatomee *Mastogloia smithii* benannt wurde (THOMASSON 1927).

Bedingt durch den weltweiten eustatischen Anstieg des Meeresspiegels drang nach und nach Meerwasser nach Osten vor. Die Veränderungen in der Salinität des Wassers waren jedoch zunächst gering (WITKOWSKI & MILLER 1999); es dauerte ca. 1.000 Jahre, bis sich das Littorina-Meer etablieren konnte.

Der Nachweis für die Existenz des Mastogloia-Meers ist bisher nur in küstennahen Bereichen gelungen (SAURAMO 1954; KOLP 1976; ABELMANN 1985; WITKOWSKI 1994). Aus diesem Grund wird die Existenz dieses Übergangsstadiums von einigen Autoren in Frage gestellt (KESSEL & RAUKAS 1979; IGNATIUS et al. 1981).

### **Das Littorina-Meer 7.000 - 4.000 Jahre BP (Abb. 2D)**

Die marine Schneckenart *Littorina littorea*, nach der diese Periode benannt worden ist, wurde in Ablagerungen dieser Zeit sowohl im Bottnischen als auch im Finnischen Meerbusen gefunden (BRAUN 1884; EKMAN 1953). Diese Funde lassen den Schluss zu, dass sich das Littorina-Meer durch einen sehr hohen Salzgehalt auszeichnete. Fossile Organismen indizieren Salinitäten, die weit über den heutigen lagen. EKMAN (ibd.) gibt an, dass sie durchschnittlich ca. 6 ‰ höher waren. Gleichzeitig stieg in diesem Stadium der Meeresspiegel erheblich an (LEMKE 1998).

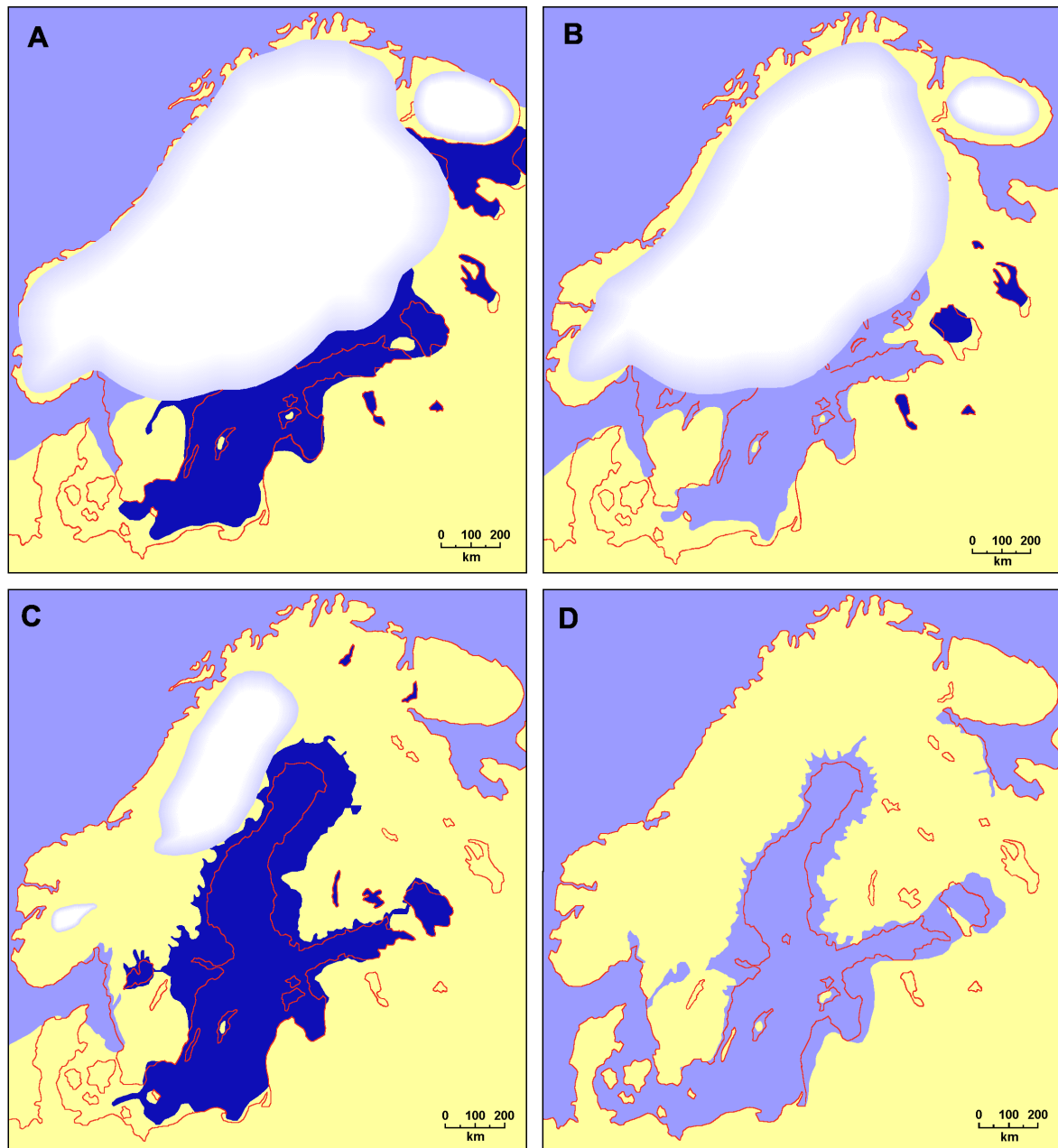
Auch die Untersuchungen der Diatomeenpopulationen bestätigen die hohe Salzkonzentration. Die Gesellschaften bestehen weitgehend aus poly- und mesohaloben Taxa (BROCKMANN 1954; ABELMANN 1985; WITKOWSKI 1994; SOHLENIUS & WESTMANN 1998; KABAILIENĖ 1999).

### **Das Lymnaea-Meer 4.000 - 400 Jahre BP**

Mit einer Verflachung der dänischen Seestraßen setzte ein Rückgang im Salzgehalt des Ostseewassers ein. Die Abundanz der Süßwassertaxa wie z. B. der namengebenden Schlammschnecke *Lymnaea ovata* stieg an. Gleichzeitig wurden viele Salzwassertaxa, z. B. *Littorina* spp., verdrängt (HYVÄRINEN et al. 1988).

Diese Entwicklung lässt sich ebenfalls anhand der Veränderungen in der Diatomeenflora verfolgen (ABELMANN 1985; WITKOWSKI 1994; KOWALCZYK et al. 1999).





**Abb. 2:** Die Entwicklungsstadien der Ostsee

A: Baltischer Eisstausee, B: Yoldia-Meer, C: Ancylus-See, D: Littorina-Meer, rot: heutige Uferlinien, gelb: Land, hellblau: Salzwasser, dunkelblau: Süßwasser, weiß-blau-Verlauf: Eisschild (nach SAURAMO 1958, verändert).

### Das Mya-Meer seit 400 Jahren BP

Vor ca. 400 Jahren BP begann die Einwanderung der Muschel *Mya arenaria* in die Ostsee (HESSLAND 1945). Damit begann die jüngste und heute noch andauernde Phase der Entwicklung.

Die Veränderungen in der Diatomeenflora dieser Periode, die sich vor allem in den Sedimenten küstennaher Abschnitte beobachten lassen, sind zunehmend anthropogenen Ursprungs (WITKOWSKI 1994; ANDRÉN 1995; WITKOWSKI & MILLER 1999).

## Die Geschichte des Kattegats

Während der Weichsel-Eiszeit bis ca. 15.000 Jahre BP war das Kattegat vollständig vom Eisschild bedeckt. Der Rückzug des Eises aus dieser Region erfolgte zwischen 15.000 und 13.500 Jahren BP (STABELL & THIEDE 1986); in diesem Zeitraum drang Salzwasser über den Skagerrak ein und überflutete weite Bereiche des Kattegats und des dänischen Festlands (Abb. 3A).

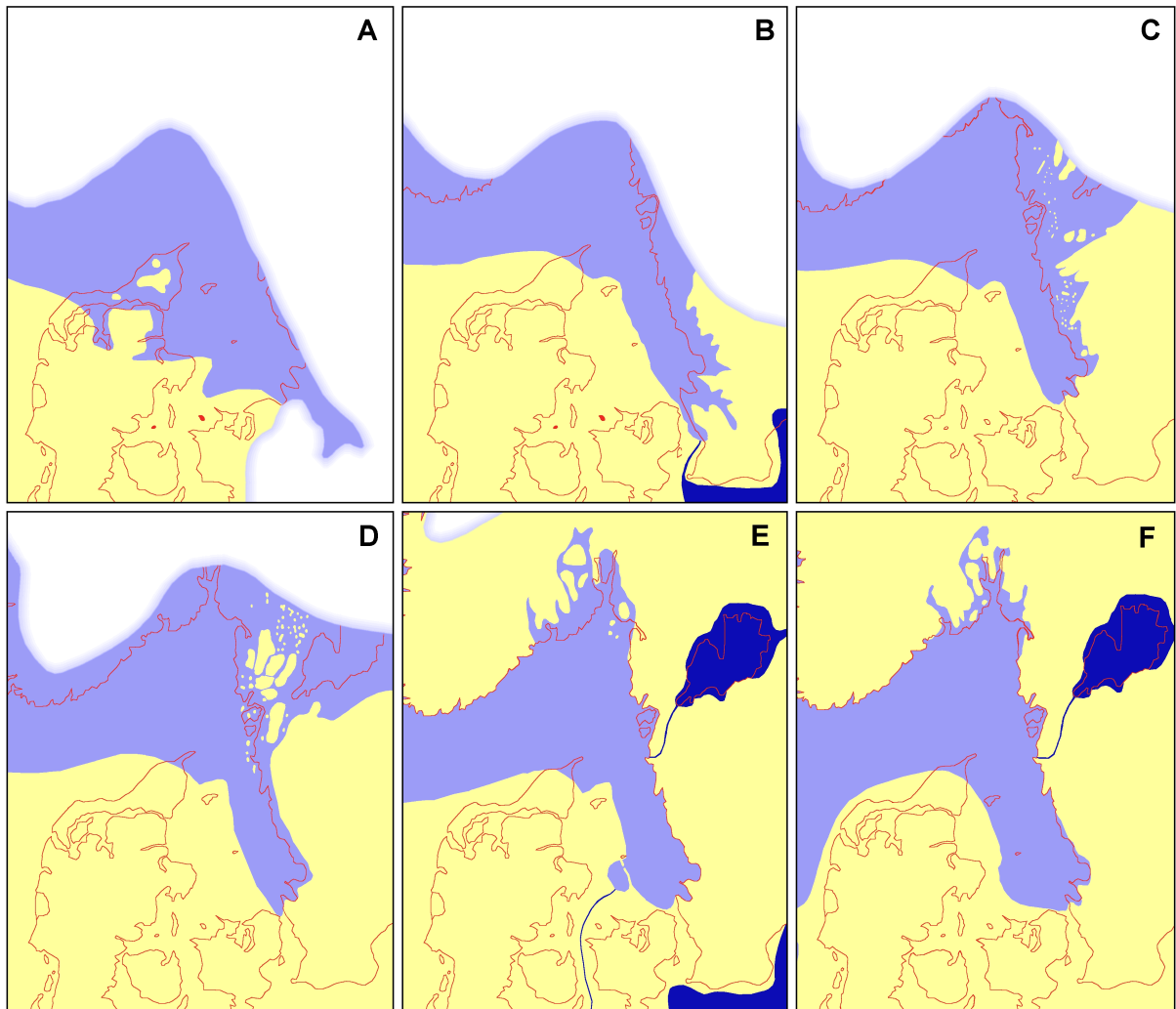
Infolge isostatischer Ausgleichsbewegungen wurde der westliche Abschnitt des Kattegats angehoben (Abb. 3B, 3C). Die Verbindung zwischen Nordsee, Skagerrak und Kattegat verengte sich und bekam eine „fjordähnliche Gestalt“ (STABELL & THIEDE 1986). In dem Zeitraum zwischen 12.700 und 12.000 Jahren BP entwässerte der Baltische Eisstausee über den Öresund in den südlichen Abschnitt des Kattegats (BERGSTEN & NORDBERG 1992; BJÖRCK 1995). Dort stellten sich limnisch-brackige Bedingungen ein (BERGSTEN & NORDBERG 1992; JIANG & NORDBERG 1996).

Vor ca. 10.000 Jahren BP bildete sich im Norden in Mittelschweden eine Verbindung zwischen dem Skagerrak und dem Wasserkörper der Paläo-Ostsee. Salzwasser drang knapp 200 Jahre lang nach Osten vor, die Yoldia-Phase der Ostsee-Entwicklung begann (Abb. 3D).

Zu diesem Zeitpunkt setzte in der Region ein Anstieg des relativen Meeresspiegels ein, da die eustatischen Prozesse die isostatischen übertrafen (MÖRNER 1969). Während der Wasserstand ununterbrochen stieg, entwickelte sich vor rund 9.500 Jahren BP südlich der Insel Anholt eine Lagune (Abb. 3E), die ungefähr 1000 Jahre erhalten blieb (BENNIKE et al. 2000). Es wird vermutet, dass der Ancylus-See zeitweilig über den Großen Belt in diese Lagune entwässerte (ibd.).

Aufgrund des stetig steigenden Meeresspiegels wurde die Lagune (Abb. 3F) und anschließend der gesamte westliche Abschnitt des Kattegats überflutet. Vor ca. 8.000 Jahren BP erfolgten die ersten Salzwassereinbrüche in die Kieler Bucht (WINN 1974; WINN et al. 1988), und anschließend etablierte sich langsam eine ständige Verbindung zwischen Kattegat und der Paläo-Ostsee, die Littorina-Phase begann.

Die meisten ökostratigrafischen Untersuchungen im Kattegat beschäftigen sich mit Foraminiferen, Ostracoden oder Mollusken; die subfossile Diatomeenflora wurde bisher selten untersucht. Lediglich aus dem südöstlichen Abschnitt liegen bisher Befunde vor (JIANG & NORDBERG 1996).



**Abb. 3:** Paläogeografische Karten des Kattegats

Dargestellt wird die spätglaziale und holozäne Entwicklung der westlichen Ostsee inklusive Skagerrak  
 A: 13.500 Jahre BP, B: 12.000 Jahre BP, C: 11.000 Jahre BP, D: 10.000 Jahre BP, E: 9.000 Jahre BP, F: 8.000 Jahre BP, rot: heutige Uferlinien, gelb: Land, hellblau: Salz-/Brackwasser, dunkelblau: Süßwasser, weiß-blau-Verlauf: Eisschild (aus STABELL & THIEDE 1986, nach BENNIKE et al. (2000) verändert).

## **Material und Methoden**

### **Herkunft und Probennahme**

Insgesamt wurden im Rahmen dieser Arbeit 32 Bohrkerne untersucht. Sieben Bohrkerne wurden von J. B. Jensen (Ph. D.) vom Geologischen Dienst von Dänemark und Grönland in Kopenhagen zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Sie stammen aus dem Kattegat (6) und aus der Kieler Bucht (1). Alle weiteren 25 Bohrkerne wurden im Sommer 1997 auf einer 10-tägigen Ausfahrt mit dem Forschungsschiff „Alexander von Humboldt“ unter Leitung von Dr. W. Lemke vom Institut für Ostseeforschung in Warnemünde dem Grund des Kattegats und der Pommerschen Bucht entnommen.

Die Auswahl der Kernentnahmestellen erfolgte mithilfe seismoakustischer Verfahren. Für jeden Locus wurde die Position mittels des Differential-Global Positioning System (D-GPS) bestimmt und die Wassertiefe ermittelt (Tab. 3).

Alle Bohrkerne wurden mit Hilfe eines Vibrationsstechrohrs (VKG 6) gewonnen. Seine Länge betrug 6 m und sein Durchmesser 12 cm. Im Stechrohr befand sich ein Plastikschauch, der nach der Entnahme samt Sedimentkern aus dem Rohr gezogen wurde. Die Beprobung des Kerns erfolgte anschließend in Abhängigkeit von der Lithologie im Labor. Mit Hilfe eines Spatels wurde das feuchte Sediment aus dem Inneren entnommen und in Kunststoffbeuteln aufbewahrt.

### **Präparation des Materials**

Die Aufbereitung der Proben erfolgte nach einer Kombination der in KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986) beschriebenen Methoden (Säureoxidation):

- ♦ Je 1-2 g des Sediments wurden in ein 150 ml-Becherglas überführt.
- ♦ Es folgte die Zugabe von 20 ml Salzsäure (J. T. Baker, z. A., 35 %).
- ♦ Die Suspension wurde 20 min gekocht.
- ♦ Die Probe wurde mit Leitungswasser gewässert, indem das Becherglas maximal aufgefüllt wurde.
- ♦ Anschließend erfolgte eine 24-stündige Sedimentation. Die Probe wurde dekantiert und gewässert; dieser Arbeitsschritt wurde, abhängig vom Kalkgehalt der Probe, mehrmals wiederholt, mindestens jedoch fünfmal.

- ♦ Nach dem letzten Sedimentationsschritt erfolgte ein Dekantieren der Probe.
- ♦ 20 ml Schwefelsäure (Roth, z. A., 95 %) wurden zugegeben.
- ♦ Die Probe wurde so lange gekocht, bis die Suspension nicht mehr siedete, sie also weitgehend wasserfrei war, mindestens jedoch 20 min.
- ♦ Die Zugabe von wenigen Kristallen Kaliumnitrat (Merck, z. A.) erfolgte in Abständen von 20 min und solange, bis der aufsteigende Dampf farblos, das Sediment weiß und der Überstand klar war.
- ♦ Die Probe wurde mit Leitungswasser gewässert, indem das Becherglas maximal aufgefüllt wurde.
- ♦ Die so behandelte Probe wurde nach 24-stündiger Sedimentation dekantiert und gewässert. Dieser Schritt wurde wiederholt, bis ein pH-Wert von 7 erreicht war.
- ♦ Das gereinigte Sediment wurde zur Aufbewahrung in Rollrandschnappdeckelgläschen (10 ml) überführt.
- ♦ Zur Konservierung erfolgte die Zugabe von 2 Tropfen Formalin (Merck, reinst, 18 %).

## **Mikroskopie**

### **Herstellung von Streupräparaten für die Lichtmikroskopie**

Ein Tropfen der Sediment-Suspension wurde auf einem Uhrgläschen mit destilliertem Wasser ausreichend verdünnt und anschließend auf ein Deckgläschen aufgetragen. Nach dem Eintrocknen wurde das so gewonnene Streupräparat auf einem Objektträger in einem Tropfen Naphrax (NBS, Brechzahl  $n = 1,74$ ) eingeschlossen.

### **Lichtmikroskopie**

Zur qualitativen und quantitativen Analyse der Proben wurde ein Mikroskop der Marke Leitz Ortholux II verwendet. Die Dokumentation erfolgte mit Hilfe eines Mikroskops der Marke Leitz-Dioplan mit Vergrößerungswechsler, Universalkondensor und planapochromatischen Objektiven. Der Fotoaufsatz bestand aus einer Kamera der Marke Nikon M 35 S mit Belichtungsautomatik (Film: Agfaortho 25).

### **Herstellung von Streupräparaten für die Raster-Elektronen-Mikroskopie (REM)**

Zur Herstellung von REM-Präparaten wurden die Proben durch mehrmaliges Aufschütteln und Dekantieren von Sand-, Schluff- und Tonpartikeln weitestgehend befreit. Die gereinigte Probe wurde auf einen Probenteller aus Aluminium pipettiert und

nach dem Eintrocknen mit Gold bedampft (Sputter-Coater: IB-2 Ion Coater, Eiko Engineering).

### **Raster-Elektronen-Mikroskopie**

Die Untersuchung der Probe erfolgte mit Hilfe eines Raster-Elektronen-Mikroskops der Marke Hitachi S-4500 (Beschleunigungsspannung 1-30 kV, variabler Arbeitsabstand), die Dokumentation mit einer Kamera der Marke Pentax Z10 (Film: Agfapan APX 100).

### **Identifizierung und Auszählung der Diatomeen**

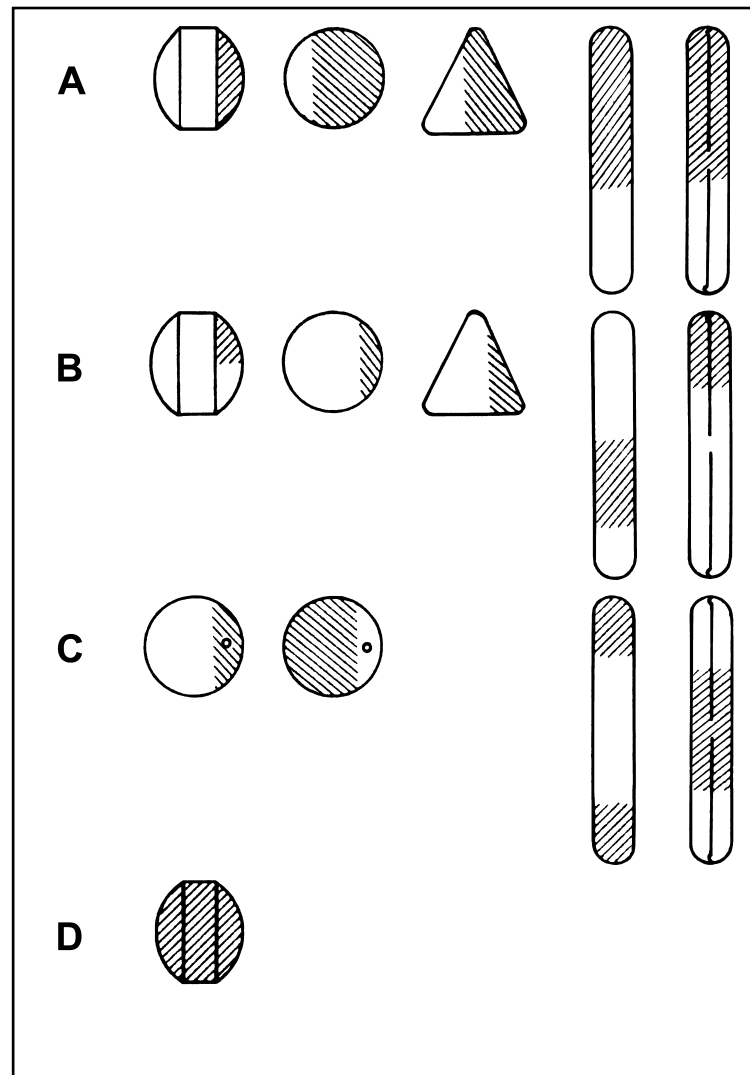
Zur Identifizierung der einzelnen Taxa wurde folgende Literatur verwendet: HUSTEDT (1959, 1962, 1971), KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986, 1988, 1991a, 1991b), SIMONSEN (1987a, 1987b, 1987c), LANGE-BERTALOT & KRAMMER (1987, 1989), KRAMMER (1992, 1997a, 1997b), LANGE-BERTALOT (1993), LANGE-BERTALOT & MOSER (1994), WITKOWSKI (1994), ROUND et al. (1996), LANGE-BERTALOT & METZELTIN (1996), LANGE-BERTALOT et al. (1996), METZELTIN & WITKOWSKI (1996), LANGE-BERTALOT & GENKAL (1999) und WITKOWSKI et al. (2000).

Zur Bestimmung des Artenspektrums wurden in jeder Probe zwischen 400 und 500 Schalen bestimmt und nach den von SCHRADER & GERSONDE (1978) aufgestellten Kriterien in leicht abgewandelter Form ausgezählt (Abb. 4).

Grundsätzlich galt, dass ein Schalenbruchstück als eine Schale gezählt wurde, wenn mehr als 50 % von ihm vorhanden war (Abb. 4A). Bruchstücke, die kleiner waren, gingen nicht in die Zählung ein (Abb. 4B). Von diesem Prinzip gab es drei Ausnahmen (Abb. 4C). Trugen Schalen Strukturen, z. B. Pseudonoduli oder Rimoportulae, die nur einmal pro Frustelhälfte ausgebildet werden, so wurden Bruchstücke, die diese Merkmale trugen, als eine Schale gezählt, auch wenn weniger als 50 % vorhanden waren. Dementsprechend wurden größere Bruchstücke (> 50 %) des gleichen Taxons nicht gezählt, wenn sie dieses Merkmal nicht trugen. Bei mono- und biraphidischen Taxa wurden Bruchstücke (< 50 %) als eine Schale gezählt, sofern der Zentralknoten vollständig vorhanden war. Bei Schalen araphidischer Taxa wurden zwei einzelne Polstücke als eine Schale gezählt. Vollständig vorliegende Frusteln, ob in Gürtelband- oder Schalenansicht, wurden als zwei Schalen gezählt (Abb. 4D).

In der Artenliste sind Taxa verzeichnet, die nicht in die Auszählung eingegangen sind, da ihre Schalen nur in Form von nicht auszählbaren Bruchstücken überliefert

waren. Außerdem wurden nach mehrmaligem Durchmustern von Proben häufig Taxa gefunden, die in der Auszählung nicht auftraten. In beiden Fällen wurden die Taxa zwar in die Artenliste – dort durch ein "x" gekennzeichnet – jedoch nicht in die statistische Auswertung aufgenommen. Nach der Auszählung erfolgte eine Umrechnung der absoluten Werte in relative Häufigkeiten.



**Abb. 4:** Zählmethode nach SCHRADER & GERSONDE (1978), verändert

Die Schraffur markiert den Bereich der Schale, der im mikroskopischen Bild vorhanden war. A: Die Bruchstücke sind größer als 50 %, sie gehen als eine Schale in die Auszählung ein. B: Die Schalenbruchstücke sind kleiner als 50 %, sie werden nicht gezählt. C: Die Schalen werden als 1/0/1/1 Schale gezählt, Erläuterungen im Text. D: Ist die Frustel vollständig vorhanden, geht sie als zwei Schalen in die Auswertung ein.

## Authentizität der Thanathozönose

Um die Authentizität der Thanathozönose – den Grad der Übereinstimmung der Artenzusammensetzung von Ausgangsassoziation und Thanathozönose – einschätzen zu können, wurde für jede Probe der Erhaltungsgrad der Diatomeenschalen ermittelt, die Anzahl der Taxa je Gesamtzahl an ausgezählten Schalen bestimmt sowie die Anteile der Artengruppen mit unterschiedlichem Konservierungspotenzial berechnet. Die Analyse der autökologischen Ansprüche der Taxa geht ebenfalls in die Beurteilung der Authentizität ein; wichtig sind vor allem die Verteilung der Taxa nach ihren Salinitätspräferenzen und ihrer Lebensform. Außerdem kann das Auftreten von Diatomeen-Dauersporen eine Beeinflussung der Ausgangsassoziation anzeigen.

### Erhaltungsgrad der Diatomeenschalen

In die Beurteilung des Erhaltungsgrades der Diatomeenschalen gingen drei Faktoren ein. Zunächst wurde das Verhältnis zwischen grobverkieselten und feinverkieselten Taxa ermittelt und abgeschätzt, ob es natürlichen Gegebenheiten entsprach. Zweitens wurde beurteilt, ob und in welchem Maße die Schalen Korrosionsschäden aufwiesen. Als Kriterium für die Stärke der Korrosion wurde vor allem die Erweiterung der Areolen herangezogen. Als dritter Faktor ging der Grad der Fraktionierung in die Beurteilung ein. In jeder Probe wurde der Erhaltungsgrad der Schalen beurteilt und einer der folgenden Kategorien zugeteilt:

- ♦ **gut (g):** Schwach verkieselte Taxa treten neben grob verkieselten auf. Die Schalen sind kaum fraktioniert. Lösungsschäden treten nur in geringem Umfang auf.
- ♦ **moderat (m):** Der Anteil an schwach verkieselten Taxa ist verringert. Die Schalen sind stark fraktioniert und Korrosionsschäden nachweisbar.
- ♦ **schlecht (s):** Es treten kaum schwach verkieselte Taxa auf, und diese sind – wie die grob verkieselten auch – stark fraktioniert. Erhebliche Korrosionsschäden lassen sich beobachten.

### Anzahl der Taxa

In jeder Probe wurden zwischen 400 und 500 Schalen ausgezählt (siehe Kap. Identifizierung und Auszählung der Diatomeen). Innerhalb dieser variierenden Schalenzahl schwankt die ermittelte Artenzahl pro Probe ebenfalls erheblich. Zur besseren Vergleichbarkeit der Proben untereinander wurde für jede Probe die Anzahl der gefundenen Taxa mit der der ausgezählten Diatomeenschalen kombiniert und als Zahlen-



paar im Ergebnisteil dargestellt, z. B. 86(450): bei 450 ausgezählten Schalen betrug die Taxa-Zahl 86.

### **Konservierungspotenzial (KoP) der Diatomeenschalen**

Je nach Art und Stärke der Verkieselung der Schalen können die Schalen verschiedener Taxa die Bedingungen während und nach der Sedimentation unterschiedlich gut überdauern (DENYS 1991). Entsprechend ihrer Fähigkeit, den zersetzenden Umwelteinflüssen zu trotzen, teilte DENYS (ibid.) die Taxa in vier Kategorien mit hohem, moderatem, niedrigem und sehr niedrigem Konservierungspotenzial ein. Diese Einteilung wurde übernommen und stellenweise durch Angaben von SCHRADER (1972) und eigene Beobachtungen ergänzt (Tab. A1).

### **Dokumentation weiterer fossiler Mikroorganismen**

In den Sedimentproben konnten neben Diatomeen noch andere fossilierte Organismengruppen nachgewiesen werden. Dazu gehörten *Chaetoceros*-Dauersporen, Chrysophyceen-Zysten, verschiedene Chlorophyceen und Silicoflagellaten. Die Verbreitung der Sporen und Zysten wurde quantitativ ausgewertet. Alle anderen Mikroorganismen konnten nicht in die statistische Auswertung einbezogen werden. Für jede Probe wurde ausschließlich der qualitative Nachweis, das Auftreten oder Fehlen der einzelnen Gruppen bzw. Taxa, geführt.

#### ***Chaetoceros*-Dauersporen**

Das Auftreten von Sporen der Diatomeen-Gattung *Chaetoceros* wurde quantitativ dokumentiert. Es wurde bestimmt, wie viele Sporen im Verhältnis zu den ausgezählten Diatomeenschalen auftraten. Um die einzelnen Proben vergleichen zu können, wurde ihre Anzahl je 100 Diatomeenschalen berechnet. Ihre Konzentration wird in der Einheit Sp/D100 angegeben.

Gleichzeitig erfolgte die taxonomische Einordnung der Dauersporen. Wenn Sporen nicht eindeutig identifizierbar waren, wurden sie anhand ihrer Gestalt und Oberflächenstruktur verschiedenen morphologischen Gruppen zugeteilt.

#### **Chrysophyceen-Zysten**

Das Auftreten von Chrysophyceen-Zysten wurde ebenfalls quantitativ ausgewertet. Die Zysten wurden ausgezählt und ihre Anzahl je 100 Diatomeenschalen berechnet,

um die Proben untereinander vergleichen zu können. Ihre Konzentration wird in der Einheit Zy/D100 angegeben.

Eine genaue taxonomische Einordnung der Zysten war nicht möglich, da es bisher nur wenige Untersuchungen über ihre systematische Einordnung gibt. Anhand ihres Aufbaus bzw. ihrer Oberflächenstrukturen wurden die Zystentypen in verschiedenen Gruppen zusammengefasst.

### **Organisch-wandige Mikrofossilien**

Beim Aufschwämmen des unbehandelten Sediments waren in einigen Proben Zellverbände der Chlorococcales nachweisbar. Die Arten wurden, soweit es in diesem Zustand möglich war, mithilfe von KOMÁREK & FOTT (1983) identifiziert.

### **Silicoflagellaten**

In den aufbereiteten Sedimentproben konnten die aus soliden Kieselstäben bestehenden Innenskelette der Ebriaceae *Ebria tripartita* und die aus hohlen Kieselstäben aufgebauten Skelette der Dictyochaceae *Distephanus speculum* nachgewiesen werden. Die silifizierten Überreste beider Taxa waren meist nur in Form von nicht reproduzierbar auszählbaren Bruchstücken vorhanden, weshalb ausschließlich der qualitative Nachweis geführt wurde.

### **Formation von Zonen und Subzonen**

Die Untergliederung der Kernprofile in Zonen und Subzonen basiert auf der strukturellen Ähnlichkeit (Dominanz-Identität, DI), kombiniert mit der Analyse der Artenzusammensetzung. Neben der Salinitätspräferenz erwies sich vor allem die Lebensform der Taxa als maßgebend. Abschnitte eines Kernprofils wurden zu einer Zone zusammengefasst, wenn

- ♦ in ihnen Taxa mit gleicher Salinitätspräferenz dominierten. Charakteristisch sind hohe Identitätswerte; wenn für die DI niedrige Werte ermittelt wurden, wurde die betreffende Zone in Subzonen untergliedert.
- ♦ in ihnen die Artenzusammensetzung von Probe zu Probe stark differierte, wie dies für Übergangsstadien, z. B. der Mastogloia-Phase, typisch ist; dieser Fall ist durch niedrige Identitätswerte gekennzeichnet.
- ♦ nur Bruchstücke nachweisbar waren, und die Konzentration an Schalen zu niedrig für eine sinnvolle statistische Auswertung war.

- ♦ sie keinerlei fossile Mikroorganismen enthielten.

Zur Definition der Zonengrenzen wurden die lithologischen Zonen herangezogen.

### **Berechnung der strukturellen Ähnlichkeit**

Um ein objektives Maß für Unterschiede zwischen den Diatomeenthanozönosen zu erhalten, wurde mithilfe der Dominanz-Identität nach RENKONEN (1938) und des Similaritätsindex nach STANDER (1970) der Grad der strukturellen Ähnlichkeit für jeweils zwei benachbarte Proben berechnet. Beide Indizes berücksichtigen sowohl das Arteninventar als auch die Artenhäufigkeit.

Zusätzlich wurden mithilfe der Dominanz-Identität alle Proben innerhalb eines Bohrkerns miteinander verglichen, um auch die Ähnlichkeitsgrade der nicht direkt benachbarten Proben festzustellen. Diese Ergebnisse wurden in Form von schattierten Ähnlichkeitsmatrizen dargestellt (ENGELBERG 1987).

Die **Dominanz-Identität** nach RENKONEN (1938) wird nach folgender Formel berechnet:

$$D_{x,y} = \sum_{i=1}^t \min(N_{i,x}, N_{i,y})$$

Dabei bedeuten:

$D_{x,y}$	die Dominanz-Identität der Proben x und y
$N_{i,x}$	die relative Häufigkeit der i-ten Art in Probe x
$N_{i,y}$	die relative Häufigkeit der i-ten Art in Probe y
$t$	die Artenzahl

Die Dominanz-Identität kann Werte zwischen 0 und 100 % annehmen. Nach ALLES (1999) weisen identische Zönosen eine Dominanz-Identität von „meist mehr als 90 %“ auf. ENGELBERG (1987) wertet 60%ige Übereinstimmung als hohe Ähnlichkeit. Angelehnt an diese Eckwerte und bezugnehmend auf ROHRS (1977) Einteilung für den Similaritätsindex (s. u.) wird folgende Gruppierung vorgenommen:

0-39 %	geringe bis keine Ähnlichkeit
40-49 %	mittlere Ähnlichkeit
50-59 %	Ähnlichkeit
60-69 %	große Ähnlichkeit
70-90 %	sehr große Ähnlichkeit

Der **Similaritätsindex** nach STANDER (1970) wird nach folgender Formel berechnet:

$$SIMI(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^t N_{i,x} N_{i,y}}{\sqrt{\sum_{i=1}^t N_{i,x}^2 \sum_{i=1}^t N_{i,y}^2}}$$

Dabei bedeuten:

$SIMI(x, y)$	der Similaritätsindex der Proben x und y
$N_{i,x}$	die relative Häufigkeit der i-ten Art in Probe x
$N_{i,y}$	die relative Häufigkeit der i-ten Art in Probe y
$t$	die Artenzahl

Der Similaritätsindex kann Werte zwischen 0 und 1 erreichen. Für die Auswertung wird die Einteilung von ROHR (1977) übernommen:

0,00-0,19	keine Ähnlichkeit
0,20-0,49	geringe Ähnlichkeit
0,50-0,69	mittlere Ähnlichkeit
0,70-0,89	Ähnlichkeit
0,90-0,99	große Ähnlichkeit

## Rekonstruktion der Salinität

### Florenzusammensetzung und Autökologie

Die Analyse der Florenzusammensetzung und der autökologischen Ansprüche der einzelnen Taxa ist eine klassische Methode zur Rekonstruktion der Salinität. Auch in der Erforschung der Ostseegeschichte ist dieses Verfahren schon seit langem etabliert (ROBERTSSON 1973; ABELMANN 1985; ROBERTSSON 1990; WITKOWSKI 1994; SOHLENIUS 1996; WESTMANN & SOHLENIUS 1998).

Angaben über die Salinitätspräferenzen der einzelnen Taxa wurden aus den folgenden Quellen zusammengetragen: KOLBE (1927), HUSTEDT (1957), VAN DER WERFF & HULS (1957-1974), HUSTEDT (1959, 1962, 1971), SIMONSEN (1962), CHOLNOKY (1968), KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986, 1988, 1991a, 1991b), PANKOW (1990), JUGGINS (1992), SNOEIJIS (1993), SNOEIJIS & VILBASTE (1994), VAN DAM et al. (1994), SNOEIJIS & POTAPOVA (1995), ZIE-

MANN et al. (1999), WITKOWSKI et al. (2000), HOFMANN (2000, mündl. Mitteilung), LANGE-BERTALOT (2000, mündl. Mitteilung) und WITKOWSKI (2000, schriftl. Mitteilung).

Die in dieser Arbeit verwendeten Einstufungen (Tab. A1) entstammen einer Synthese der oben genannten Quellen. Diese umfassenden, aber teilweise sehr unterschiedlichen Angaben wurden auf das folgende System reduziert und zusammengefasst. Angelehnt an HUSTEDT (1957) wurden fünf Kategorien eröffnet, in die die Taxa eingeteilt wurden:

- ♦ **Polyhalobe (ph)** Taxa treten oberhalb eines Salzgehaltes von 30 ‰ auf. Falls zusätzlich noch Angaben über ihr Salinitätsspektrum zur Verfügung standen, wurde eine weitere Differenzierung vorgenommen. **Stenohaline (sh)** Taxa sind in ihrer Verbreitung auf den relativ engen Bereich über 30 ‰ Salzgehalt beschränkt, während **euryhaline (eh)** Formen auch in Gewässern mit niedrigerem Salzgehalt verbreitet sind.
- ♦ **Mesohalobe (mh)** Taxa siedeln im Bereich eines Salzgehalts zwischen 30 und 0,2 ‰ bzw. in Bereichen, in denen starke Schwankungen im Salzgehalt auftreten.
- ♦ **Halophile (hp)** Taxa sind in Bereichen mit einem Salzgehalt unter 0,2 ‰ zu finden. Sie werden allerdings, im Gegensatz zur folgenden Gruppe, durch eine geringe Erhöhung des Salzgehalts stimuliert.
- ♦ **Oligohalobe (oh)** Taxa treten in Bereichen mit einem Salzgehalt unter 0,2 ‰ auf. Bei höherem Salzgehalt nimmt ihre Individuenzahl kontinuierlich ab.
- ♦ **Halophobe (hx)** Taxa kommen nur in extrem elektrolytarmen Gewässern vor und reagieren empfindlich auf geringste Erhöhungen des Salzgehalts.

Eine Ausnahme bildet *Nitzschia constricta*. Obwohl viele Daten über die Salinitätspräferenzen dieses Taxons vorlagen, wurde es keiner der oben genannten Gruppen zugeteilt, da es anscheinend über das gesamte Salinitätsspektrum hinweg auftritt.

Die Ergebnisse werden in Form von Schattenriss- bzw. Balkendiagrammen dargestellt.

### **Berechnung des Halobienindex**

ZIEMANN (1971) etablierte den Halobienindex für die biologische Gewässergüteuntersuchung (DIN 38 410). Er wird angewendet, um Gewässer in Bereiche mit unterschiedlicher „biologischer Wirkung des Salzgehaltes“ einzustufen und die Auswirkungen der Versalzung zu beurteilen. Dabei ermöglicht der Halobienindex eine quantita-

tive Indikation der Gewässerversalzung ohne die Angabe absoluter chemischer Konzentrationen.

Berechnet wird er nach folgender Formel:

$$H = \frac{\Sigma h_H - \Sigma h_x}{\Sigma h} \cdot 100$$

Dabei bedeuten:

$H$  der Halobienindex

$\Sigma h_H$  die Häufigkeitssumme der halophilen, mesohaloben und polyhaloben Arten

$\Sigma h_x$  die Häufigkeitssumme der halophoben Arten

$\Sigma h$  die Häufigkeitssumme aller gefundenen Arten

Alle  $\Sigma$ -Zeichen bedeuten eine Summierung über alle betreffenden Arten.

Der Halobienindex verrechnet somit die Anteile halobionter, halophiler und halophober Taxa mit der Gesamtassoziation. Dabei gehen sowohl die Artenzusammensetzung als auch die Häufigkeiten der Taxa in die Berechnung ein. Der Index wird mit geschätzten Abundanzen berechnet. Um ihn anwenden zu können, mussten die relativen Häufigkeiten der einzelnen Taxa nach HOFMANN (1997) in die Werte der Häufigkeitsskala nach ZIEMANN (1982) transformiert werden (Tab. 2).

**Tab. 2:** Umrechnung der relativen Häufigkeiten in „Schätzhäufigkeiten“ nach HOFMANN (1997)

	Abundanz	Relative Häufigkeit
sehr selten	1	+
selten	2	$\leq 1 \%$
mehrfach	3	$> 1 \%$ und $\leq 2,5 \%$
häufig	5	$> 2,5 \%$ und $\leq 10 \%$
sehr häufig	7	$> 10 \%$ und $\leq 25 \%$
massenhaft	9	$> 25 \%$

Der Halobienindex kann Werte zwischen -100 und +100 annehmen. Nach ZIEMANN (1982) ist es möglich, sieben ökologische Wirkungsbereiche der Salzkonzentration zu unterscheiden:

Limnische Gewässer:

- ♦ infrahalob: extrem elektrolytarmer, saure Gewässer,  $H < -30$
- ♦  $\gamma$ -oligothalob: schwach gepufferte, elektrolytarmer Gewässer,  $H = -30$  bis  $< -10$
- ♦  $\beta$ -oligothalob: typisches Süßwasser,  $H = -10$  bis  $+10 \dots +15$

- ♦  $\alpha$ -oligohalob: gering versalzt,  $H = +10...+15$  bis  $< +30$

Salzgewässer:

- ♦  $\beta$ -mesohalob: mäßig stark versalzt,  $H = +30$  bis  $< +50$
- ♦  $\alpha$ -mesohalob: stark versalzt,  $H = +50$  bis  $< +75$
- ♦ polyhalob: extrem stark versalzt,  $H \geq +75$

Die Ergebnisse werden in Form von Liniendiagrammen dargestellt.

### Weitere Indikator-Organismen

Weitere Organismen, deren Auftreten einen Hinweis auf Veränderungen der Salinität liefert, sind *Distephanus speculum*, *Ebria tripartita*, *Chaetoceros*-Sporen und Chrysophyceen-Zysten. Ihr Auftreten wurde qualitativ (*Distephanus speculum* und *Ebria tripartita*) bzw. quantitativ (*Chaetoceros*-Sporen und Chrysophyceen-Zysten) ausgewertet.

## Rekonstruktion des pH-Wertes

### Florenzzusammensetzung und Autökologie

Zur Rekonstruktion des pH-Wertes wurde für jedes Taxon die pH-Präferenz ermittelt. Dazu wurden die Taxa – in Anlehnung an das pH-Klassifikationssystem von HUSTEDT (1937-39) – in eine der folgenden Gruppen eingeordnet. Die Angaben stammen aus folgenden Quellen und sind in Tab. A1 aufgeführt: DENYS (1991), VAN DAM et al. (1994), HOFMANN (1994) und VOIGT (1996).

- ♦ **Alkalibionte (alkb)** Taxa kommen im pH-Bereich  $> 7$  vor.
- ♦ **Alkaliphile (alkf)** Taxa kommen in Bereichen um pH 7 vor, sind aber überwiegend bei pH  $> 7$  verbreitet.
- ♦ **Circumneutrale (circ)** Taxa haben ihren Verbreitungsschwerpunkt um den Neutralpunkt.
- ♦ **Acidophile (acf)** Taxa kommen in Bereichen um pH 7 vor, sind aber überwiegend bei pH  $< 7$  verbreitet.
- ♦ **Acidobionte (acb)** Taxa kommen im pH-Bereich  $< 7$  vor.

Die Ergebnisse werden in Form von Schattenriss- bzw. Balkendiagrammen dargestellt.

## Berechnung des pH-Wertes

Die durchschnittlichen pH-Werte wurden nach dem von ARZET (1987) aufgestellten System ermittelt (II). Er stützt sich dabei auf den von RENBERG & HELLBERG (1982) belegten Zusammenhang zwischen dem von ihnen entwickelten Index B (I) und gemessenen pH-Werten. Laut ARZET (ibid.) hat das an mitteleuropäischen Seen geeichte System ein hohes Bestimmtheitsmaß ( $r^2 = 0,93$ ,  $p < 0,001$ ) und eine niedrige Standardabweichung ( $Sa = \pm 0,28$ ). Dieses Verfahren wird in der Paläolimnologie häufig angewandt (STEINBERG et al. 1984; ARZET et al. 1986; VOIGT 1996).

$$(I) \quad IndexB = \frac{H_{circ} + 5H_{acf} + 40H_{acb}}{H_{circ} + 3,5H_{alkf} + 108H_{alkb}}$$

Dabei bedeuten:

$H_{circ}$ ,  $H_{acf}$ ,  $H_{acb}$ ,  $H_{alkf}$ ,  $H_{alkb}$  die relative Häufigkeit der jeweiligen pH-Präferenzgruppe

$$(II) \quad pH = 6,2 - 0,77 \cdot \log_{10} IndexB$$

Für die Proben, in denen weder circumneutrale noch acidophile bzw. acidobionte Taxa auftraten, wurde von der Anwesenheit einer Schale eines circumneutralen Taxons ausgegangen, um eine Berechnung zu ermöglichen (SCHREINER 1989).

Die Ergebnisse werden in Form von Liniendiagrammen dargestellt.

## Rekonstruktion der Wassertiefe

Die Rekonstruktion der Wassertiefe erfolgte anhand der Analyse der Florenzzusammensetzung und der autökologischen Ansprüche der einzelnen Taxa und basiert auf der Verschiebung des Lebensformenspektrums in Abhängigkeit von der Wassertiefe (WITKOWSKI 1994; VOIGT 1996; CAMPEAU et al. 1999; KABAILIENĖ 1999).

Die Angaben über die präferierten Habitate wurden aus den folgenden Quellen zusammengetragen und in Tab. A1 dargestellt: HUSTEDT (1959, 1962, 1971), KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986, 1988, 1991a, 1991b), PANKOW (1990), DENYS (1991), SNOEIJIS (1993), SNOEIJIS & VILBASTE (1994), VAN DAM et al. (1994), SNOEIJIS & POTAPOVA (1995), WITKOWSKI et al. (2000).

Jedes Taxon wurde einer der folgenden Kategorien zugeordnet:



- ♦ **planktisch (p):** In dieser Gruppe wurden die euplanktischen und die meroplanktischen Arten zusammengefasst. Bei euplanktischen Taxa verläuft der gesamte Lebenszyklus suspendiert im Wasser, während meroplanktische Taxa einen Teil ihres Lebenszyklus im Sediment überdauern.
- ♦ **benthisch/planktisch (bp):** in dieser Gruppe wurden tychoplanktische (fakultativ planktische) und epontische (zeitweise auf bzw. im Eis lebende) Taxa zusammengefasst. Außerdem beinhaltet diese Gruppe Taxa, über die widersprüchliche Angaben vorlagen, also Taxa, die in der Literatur sowohl dem Plankton als auch dem Benthos zugeordnet wurden.
- ♦ **benthisch (b):** in diese Kategorie fallen Taxa, die immer auf Oberflächen angetroffen werden. Sie sind entweder an dem Substrat festgeheftet oder bewegen sich mehr oder weniger stark auf der Oberfläche. Je nach präferiertem Substrat unterscheidet man epiphytische (auf Pflanzen), epilithische (auf Gesteinsoberflächen), epipsammische (auf Sandkörnern) und epipelische (auf Schlamm oder anderen Feinsedimenten) Taxa.

Die Ergebnisse werden in Form von Schattenriss- bzw. Balkendiagrammen dargestellt.

## Rekonstruktion der Trophie

### Berechnung des Trophie-Index

Die Rekonstruktion des trophischen Status erfolgte mit Hilfe des an süddeutschen Seen geeichten Trophie-Indikationssystems von HOFMANN (1994). In die Berechnung des Trophie-Index wurden ausschließlich die von HOFMANN (ibid.) klassifizierten Taxa aufgenommen (Tab. A1). Die Einteilung in Toleranzgruppen und die Werte für Gewichtung ( $G_i$ ) und Lokation ( $T_i$ ) der Taxa wurden übernommen:

- ♦ **Oligotraphente (ot)** Taxa sind obligat an oligotrophes Milieu gebunden ( $G_i = 3$ ).
- ♦ **Oligo- $\beta$ -mesotraphente (ol-bmt)** Taxa sind in oligotrophem und moderat mesotrophem Milieu verbreitet ( $G_i = 2$ ).
- ♦ **Oligo- $\alpha$ -mesotraphente (ol-amt)** Taxa sind in oligotrophem bis stark mesotrophem Milieu lebensfähig, sie tolerieren jedoch keine eutrophen Bedingungen ( $G_i = 1$ ).

- ♦  **$\alpha$ -meso-eutraphente (am-eut)** Taxa treten im moderat mesotrophen bis eutrophen Milieu auf ( $G_i = 2$ ).
- ♦ **Eutraphente (eut)** Taxa sind obligat ans eutrophe Milieu gebunden ( $G_i = 3$ ).
- ♦ **Tolerante (tol)** Taxa lassen in ihrer Verbreitung keine Abhängigkeit von der Trophie erkennen ( $G_i = 0$ ).

Der Trophie-Index wird nach folgender Formel berechnet:

$$TI = \frac{\sum_{i=1}^n H_i G_i T_i}{\sum_{i=1}^n H_i G_i}$$

Dabei bedeuten:

$H_i$	die relative Häufigkeit der i-ten Art
$G_i$	die Gewichtung der i-ten Art
$T_i$	die Lokation der i-ten Art
$n$	die Artenzahl

Die Ergebnisse werden in Form von Liniendiagrammen dargestellt.

Dieses Verfahren wurde angewandt, sofern eine ausreichende Anzahl an indikativen Arten auftrat. Nach HOFMANN (mündl. Mitteilung) sind fünf indikative Taxa das absolute Minimum; für gut abgesicherte Ergebnisse sind mindestens zehn indikative Taxa erforderlich. Wenn zu wenig indikative Arten vorhanden waren, erfolgte die Rekonstruktion der Trophie mithilfe der Einstufungen aus weiteren Quellen.

### Florenzzusammensetzung und Autökologie

Die Angaben über die trophischen Valenzen stammen aus folgenden Quellen und sind in Tab. A1 aufgeführt: DENYS (1991), VAN DAM et al. (1994), HOFMANN (1994), VOIGT (1996) und LANGE-BERTALOT (1996). Jedes Taxon wurde in eine der folgenden Toleranzgruppen eingeordnet:

- ♦ **Oligotraphente (ot)** Taxa sind obligat an oligotrophes Milieu gebunden.
- ♦ **Oligo- bis mesotraphente (omt)** Taxa kommen sowohl in oligotrophen als auch in mesotrophen Gewässern vor.
- ♦ **Meso- bis eutraphente (met)** Taxa kommen sowohl in mesotrophen als auch in eutrophen Gewässern vor.
- ♦ **Eutraphente (et)** Taxa sind obligat an eutrophes Milieu gebunden.

- ♦ **Tolerante (tol)** Taxa besitzen eine hohe trophische Valenz.

## **Rekonstruktion der Wassertemperatur**

Zur Rekonstruktion der Wassertemperatur wurden die Angaben über die Präferenzen der einzelnen Diatomeen-Taxa der folgenden Literatur entnommen und sind in Tab. A1 aufgeführt: HUSTEDT (1959, 1962, 1971), KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986, 1988, 1991a, 1991b), KLEE & STEINBERG (1987) und WITKOWSKI et al. (2000).

Neben den Diatomeen stellen auch Chrysophyceen-Zysten und *Distephanus speculum* Indikator-Organismen für die Umgebungstemperatur dar.

## **Ergänzende Untersuchungen**

### **Sedimentologie**

Die Bestimmung der Korngröße und Sedimentfarbe wurde von Dr. W. Lemke vom Institut für Ostseeforschung in Warnemünde und J. B. Jensen (Ph. D.) vom Geologischen Dienst von Dänemark und Grönland in Kopenhagen direkt an Bord der „Alexander von Humboldt“ durchgeführt; die Sedimentfarbe wurde mithilfe der Munsell Rock Colour Chart ermittelt. Die Daten wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

### **Altersbestimmung**

Die Altersbestimmungen an organischen Kohlenstoff wurden am Institut für Physik und Astronomie der Universität Aarhus nach der AMS-Methode sowie am Geologischen Dienst von Dänemark und Grönland in Kopenhagen durchgeführt und freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Bei der Datierung von marinem Material wurde eine Reservoir-Korrektur von 400 Jahren vorgenommen. Alle Altersangaben in der aktuellen Arbeit erfolgen in nichtkalibrierten  $^{14}\text{C}$ -Jahren.

### **Makrofossilien**

Die Analyse der Makrofossilien, Fauna und Flora, wurde von O. Bennike (Ph. D.) vom Geologischen Dienst von Dänemark und Grönland in Kopenhagen durchgeführt. Die Daten wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Tab. 3: Technische Daten der untersuchten Bohrkernes

Bk.-Nr.	Region	Position N	Position O	Datum der Probenahme	Wassertiefe / m	Länge / m	Probenanzahl
572001	Kattegat	62°37'50,28	66°31'15,31	12.06.1996	23,90	5,70	28
572002	Kattegat	62°52'19,00	66°19'73,00	14.06.1996	21,80	6,00	37
572003	Kattegat	62°76'59,21	67°35'21,09	17.06.1996	33,20	5,90	29
572004	Kattegat	62°77'01,14	67°26'87,53	17.06.1996	33,90	5,60	30
572006	Kattegat	62°77'26,786	67°15'70,20	17.06.1996	34,90	6,00	32
572007	Kattegat	62°75'88,2,29	67°6'56,51	17.06.1996	30,90	5,90	27
572008	Kattegat	56°29'6,10	11°43'56,0	06.08.1997	29,10	5,90	21
572009	Kattegat	56°31'268	11°34'53,9	06.08.1997	29,20	6,00	11
572010	Kattegat	56°31'494	11°33'24,5	06.08.1997	28,10	5,90	13
572011	Kattegat	56°27'441	11°39'36,0	06.08.1997	27,90	5,95	29
572012	Kattegat	56°27'402	11°40'02,3	07.08.1997	28,10	6,00	14
572013	Kattegat	56°27'541	11°40'04,7	07.08.1997	28,50	6,00	24
572014	Kattegat	56°28'261	11°36'13,6	07.08.1997	24,40	6,00	9
572015	Kattegat	56°25'393	11°45'02,6	07.08.1997	25,60	6,00	29
572017	Kattegat	56°28'257	11°28'96,2	08.08.1997	23,70	5,90	15
572018	Kattegat	56°34'262	11°36'44,5	08.08.1997	29,10	5,90	14
572019	Kattegat	56°21'603	11°35'68,9	08.08.1997	32,40	6,00	17
572020	Kattegat	56°37'732	11°10'55,1	08.08.1997	30,60	5,80	12
572021	Kattegat	56°15'012	11°27'57,7	09.08.1997	23,70	3,15	4
572023	Kattegat	56°18'566	11°38'86,3	09.08.1997	33,80	6,00	27
212770	Pommersche Bucht	54°35'021	15°15'27,5	11.08.1997	53,30	4,40	6
212780	Pommersche Bucht	54°34'996	14°58'97,4	11.08.1997	48,50	6,00	29
212790	Pommersche Bucht	54°35'043	14°39'27,7	11.08.1997	34,30	5,35	22
212800	Pommersche Bucht	54°35'009	14°21'98,8	11.08.1997	24,30	2,44	4
212810	Pommersche Bucht	54°40'776	14°44'38,9	12.08.1997	52,40	6,00	30
212820	Pommersche Bucht	54°33'149	14°44'36,8	12.08.1997	28,80	4,96	4
212830	Pommersche Bucht	54°28'392	14°44'30,2	12.08.1997	18,80	5,14	9
212840	Pommersche Bucht	54°36'676	14°28'89,6	13.08.1997	28,00	1,89	5
212860	Pommersche Bucht	54°14'892	14°44'39,8	13.08.1997	15,40	6,00	19
564052	Kieler Bucht	54°38'790	10°51'44,0	14.05.1994	26,70	5,70	36

## **Authentizität der Thanathozönose**

Eine elementare Frage bei der Untersuchung von Sedimenten, sowohl im limnischen als auch im marinen Raum, ist die der Authentizität – der Übereinstimmung des Artgefüges von Ausgangsassoziation und Thanathozönose.

In diesem Exkurs sollen die Grundlagen, die die Überlieferung von Diatomeenschalen beeinflussen, und die Beurteilungskriterien für die Authentizität der Thanathozönosen aufgezeigt und zusammenfassend diskutiert werden.

Die Struktur der Thanathozönose hängt entscheidend von der Beschaffenheit der Ausgangsassoziation ab, z. B. von dem Konservierungspotenzial der Schalen, der Artenzusammensetzung und der Diatomeenkonzentration. Außerdem wirkt ein Komplex verschiedener Umweltfaktoren während der Sedimentation auf die sinkenden Frusteln ein und beeinflusst ebenfalls die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Thanathozönose. Folgende Wirkgrößen sind dabei entscheidend:

- ♦ die chemisch-physikalischen Charakteristika des Wasserkörpers (z. B. Sättigungsgrad an  $\text{SiO}_2$ , pH-Wert, Temperatur, gelöste organische und anorganische Substanzen)
- ♦ die Dauer der Exposition (z. B. Wassertiefe und Form der Schalen)
- ♦ die Lösungsprozesse im Sediment (z. B. Sedimentationsrate)
- ♦ die biologischen Aktivitäten (z. B. Fraßfeinde, Bioturbation)
- ♦ der Transportweg und die Wellenenergie am Standort

## **Konservierungspotenzial der Schalen**

DENYS (1991) beobachtete, dass die Fähigkeit der Schalen, den Sedimentationsprozess unbeschadet zu überstehen, bei den verschiedenen Taxa unterschiedlich gut ausgeprägt ist. Zur Beurteilung dieser Fähigkeit führte er den Begriff des „Konservierungspotenzials“ ein und ordnete die von ihm untersuchten Arten in Gruppen mit hohem, moderatem und niedrigem Konservierungspotenzial. Weitere Einstufungen wurden von SCHRADER et al. (1993b) vorgenommen.

Direkt nach dem Absterben einer Diatomeenzelle setzt, neben autolytischen Prozessen, die oxidative Zersetzung von außen ein (ZEITSCHER 1965; HEATH 1974). Ist die Frustel im lebenden Zustand noch von einer schützenden Membran, dem Diatopum, umgeben, so wird sie nach dem Tod der Zelle freigelegt und somit angreifbar. Die Überlieferung der Schalen ist stark von den Umweltbedingungen abhängig, sie wird jedoch auch von verschiedenen intrinsischen Faktoren beeinflusst.

LEWIN (1961) führte die Selektivität der Auflösung auf die unterschiedliche Schalendicke zurück. Er stellte fest, dass zarte Formen als erste aufgelöst werden. SCHRADER (1972) untersuchte das Absinken planktischer Diatomeen in der Ostsee und konstatierte, dass verschiedene Arten den Absinkvorgang unterschiedlich gut überstehen. So wurden z. B. *Chaetoceros*-Arten so gut wie nie im Sediment nachgewiesen, während Arten der Gattung *Thalassiosira* fragmentarisch und andere Taxa, z. B. *Actinocyclus octonarius*, wiederum so gut wie vollständig erhalten blieben. Er führte diese Diskrepanzen auf unterschiedliche Oberflächenstrukturen und Membraneigenschaften der verschiedenen Taxa zurück. FLOWER (1993) maß zudem noch der Zellgröße Bedeutung bei, da er beobachtete, dass die Schalen kleiner Arten weniger stark angegriffen und somit besser konserviert werden als die größer. BARKER et al. (1994) gaben an, dass das Oberflächen/Volumen-Verhältnis der Schalen ausschlaggebend ist. Neben der Schalenmorphologie wird auch ein unterschiedlicher chemischer Aufbau der Schalen, z. B. durch den Einbau verschiedener Ionen, diskutiert (LEWIN 1961).

### **Artenzusammensetzung und Artenanzahl**

SCHRADER et al. (1993b) beobachteten, dass sich in stark durch Lösungsprozesse beeinflussten Proben aus küstennahen Bereichen z. B. die Arten *Actinopteryx undulatus* und *Paralia sulcata* stark anreichern. Die Schalen beider Taxa besitzen ein hohes Konservierungspotenzial. Treten in der Ausgangsassoziation also Schalen mit unterschiedlich ausgeprägtem Konservierungspotenzial auf, kann es während der Sedimentation durch selektive Auflösung zu quantitativen Veränderungen in der Artenzusammensetzung kommen (PUŠCARIC et al. 1990).

Neben quantitativen können auch qualitative Veränderungen durch den Sedimentationsprozess hervorgerufen werden. MIKKELSEN (1980) zeigte, dass neben der absoluten Häufigkeit auch die Artenmannigfaltigkeit durch selektive Auflösung beeinflusst wird. Sie stellte fest, dass Schalen mit niedrigem Konservierungspotenzial während der Sedimentation oft vollständig aufgelöst werden, wodurch sich die Artenzahlen in der Thanathozönose verringern.

### **Diatomeenkonzentration**

Ob Diatomeenschalen in den Sedimenten überliefert werden, ist auch von der Menge der Diatomeen, die sedimentieren, abhängig. Nach ROUND (1964) werden in limni-

schen Gewässern 90 % der Schalen der ursprünglich dort lebenden Diatomeen überliefert. Für den marinen Bereich gibt er Werte zwischen 25 und 50 % an. LISITZIN (1971) konstatierte, dass nur maximal 10 % aller in der photischen Zone lebenden Diatomeen im Sediment abgelagert werden.

Oft wird also ein großer Teil der Schalen schon vollständig aufgelöst, bevor er das Sediment überhaupt erreicht. In Bereichen mit geringer Primärproduktion sind demzufolge in den Sedimenten oft keine Schalen nachweisbar (SCHRADER et al. 1993a). Allerdings sind auch in Bereichen mit hoher Primärproduktion nicht notwendigerweise überlieferte Schalen in den Sedimenten anzutreffen (ibid.).

### **Chemisch-physikalische Charakteristika des Wasserkörpers**

Der wichtigste chemische Faktor, der die Auflösung von Diatomeenschalen beeinflusst, ist der Sättigungsgrad an  $\text{SiO}_2$  ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , Orthokieselsäure). Die Löslichkeit von Si-Oxiden in Wasser ist generell sehr gering. Trotzdem sind sowohl limnische als auch marine Gewässer meist stark  $\text{SiO}_2$ -untersättigt (WOLLAST 1974; BREHM & MEIJERING 1996). Aus diesem Grund werden die Schalen, sobald die Zellen absterben und von der schützenden Membran befreit sind, wieder an- bzw. aufgelöst. PARKER et al. (1977a) vermuteten, dass mehr als 90 % des von Diatomeen zum Aufbau ihrer Schalen benötigten  $\text{SiO}_2$  aus den Schalen abgestorbener Diatomeen regeneriert werden.

Außerdem benötigen Diatomeen eine bestimmte Minimalkonzentration an gelöstem  $\text{SiO}_2$  im Wasser, um ihre Schalen synthetisieren zu können. Wird diese Konzentration unterschritten, können keine Zellteilungen mehr stattfinden. PARKER et al. (1977b) gaben für den Michigan-See den Wert von  $6,5 \mu\text{mol/l}$  als kritische Silikatkonzentration an. Werte in derselben Größenordnung wurden von LUND (1964) und KILHAM (1975) genannt.

Neben dem im Wasser gelösten  $\text{SiO}_2$  beeinflussen auch andere gelöste organische und anorganische Substanzen die Auflösung von Diatomeenschalen. FLOWER (1993) wies nach, dass die Auflösung der Schalen von der Art der gelösten Ionen und der Konzentration abhängig ist. Er beobachtete, dass sich Diatomeenschalen in einer  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Lösung schneller als in Lösungen von  $\text{MgCO}_3$  oder  $\text{CaCO}_3$  auflösten. BENNETT & SIEGEL (1987) vermuteten, dass organische Säuren als Komplexbildner fungieren und durch sie die Löslichkeit von  $\text{SiO}_2$  erhöht wird.

Auch die Wassertemperatur nimmt Einfluss auf den Erhaltungsgrad der Schalen. Sie beeinflusst die Löslichkeit der amorphen Silikate. SIEVER (1962) fasste Ergebnisse verschiedener Autoren zusammen und zeigte, dass die Löslichkeit mit steigender Temperatur kontinuierlich zunimmt. Dieses Verhalten ist unabhängig vom Ionengehalt des Wassers, also in limnischen und marinen Gewässern gleich (ibd.). MARSHALL (1980) kam zu dem gleichen Ergebnis und konstatierte außerdem, dass die Löslichkeit der amorphen Silikate bei steigendem Druck zunimmt.

Die Löslichkeit von amorphen Silikaten und Quarz erhöht sich zudem mit steigendem pH-Wert (LEWIN 1961; BENNETT et al. 1988; BRADY & WALTHER 1989; FLOWER 1993). In unbeeinflussten, limnischen Gewässern ist der pH-Wert von vielen Faktoren abhängig und sehr variabel. Er kann Werte zwischen 2 und 12 erreichen (BREHM & MEIJERING 1996). In marinen Gewässern liegt er immer über dem Neutralpunkt. Durchschnittlich schwankt er zwischen 7,5 und 8,4.

Die chemisch-physikalischen Umweltfaktoren, die zur Auflösung der Schalen führen, tragen gleichzeitig zur Fraktionierung der Diatomeenschalen bei. Durch Lösungsprozesse stark beeinflusste Schalen sind anfälliger fürs Zerschlagen (FLOWER 1993).

### **Dauer der Exposition**

Die Dauer der Exposition wird durch die Wassertiefe und die Form der Schalen beeinflusst. Je länger die Schalen den Lösungsprozessen innerhalb der Wassersäule ausgesetzt sind, desto größer sind die Veränderungen in der Artenzusammensetzung der Thanathozönose (SCHRADER 1971a, 1971b, 1972; MIKKELSEN 1980; FLOWER 1993) und desto mehr zerbrochene Schalen findet man (FLOWER 1993).

Die Absinkgeschwindigkeit ist wiederum von der Größe und der Gestalt der Schalen abhängig. Einzelschalen sinken grundsätzlich langsamer und sind somit länger exponiert als Zellverbände. Gleichzeitig sinken Zellen bzw. Zellverbände umso schneller je größer sie sind (SMAYDA 1970, 1971; SCHRADER 1972).

Sind die Schalen in den Kotpillen ihrer Fraßfeinde, z. B. Copepoden, eingeschlossen, wird die Anlösung zunächst verhindert. Durch eine Chitinmembran sind die Schalen den Lösungsprozessen in der Wassersäule entzogen und gelangen somit weitgehend unbeeinflusst in größere Tiefen. Erst wenn die Membran bakteriell oder mechanisch zerstört wird, werden die Schalen wieder angreifbar und in die Lösungsprozesse einbezogen (SCHRADER 1972).



Zusätzlich wird durch das Verpacken der Schalen in Kotpillen die Absinkgeschwindigkeit erheblich erhöht (SMAYDA 1970).

### **Lösungsprozesse im Sediment**

Selbst nach der Einbettung im Sediment sind die Schalen nicht vollständig den Lösungsprozessen entzogen. Abhängig von der  $\text{SiO}_2$ -Konzentration im Porenwasser kann eine weitere Auflösung der Schalen erfolgen (SIEVER 1957). Die Gegebenheiten sind dort jedoch grundsätzlich anders; im Sediment wird die  $\text{SiO}_2$ -Konzentration im Porenwasser kaum durch biologische Aktivitäten beeinflusst, die Wasserphase ist praktisch unbeweglich und das Verhältnis von fester zu flüssiger Phase ist sehr groß. Alle drei Punkte tragen zu einem höheren Sättigungsgrad an  $\text{SiO}_2$  im Porenwasser und damit zu einer geringeren Anlösung eingebetteter Diatomeenschalen bei (WOLLAST 1974; SCHRADER et al. 1993a).

Je höher die Sedimentationsrate ist, desto schneller sind die Schalen den Lösungsprozessen an der Grenze zwischen Sedimentoberfläche und Wasserkörper entzogen und die Auflösung stoppt (SCHRADER et al. 1993a).

Innerhalb des Sediments wird die Auflösung der Schalen durch Bioturbation an der Sedimentoberfläche und durch große Korngrößen im Sediment gefördert (FLOWER 1993).

### **Biologische Aktivitäten**

Auch biologische Aktivitäten beeinflussen die Überlieferung von Diatomeenschalen. So tragen z. B. Copepoden durch die Aufnahme von Algenzellen und den anschließenden Verdauungsvorgang zur Fraktionierung der Schalen bei. Die Schalenbruchstücke werden im Anschluss an den Verdauungsvorgang in Kotpillen verpackt wieder ausgeschieden. Dabei bleiben ihre Feinstrukturen vollständig erhalten (SCHRADER 1972; FLOWER 1993).

Durch Bioturbation kann der Anteil an zerbrochenen und angelösten Schalen nach der Einbettung im Sediment ansteigen (SCHRADER et al. 1993b; FLOWER 1993).

### **Transportweg und Wellenenergie am Standort**

Die Fraktionierung der Diatomeenschalen kann auch mechanische Ursachen haben. Wichtig ist die Länge des Transportwegs. Je weiter Schalen verfrachtet werden, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie bei dem Transport zerbrechen und nur

noch in Form von Bruchstücken abgelagert werden. Auch an Standorten mit hoher Wellenenergie kommt es zu einer starken Fraktionierung (FLOWER 1993).

### **Beurteilung der Authentizität**

Es ist außerordentlich schwierig, allgemeingültige Kriterien für eine hohe Authentizität der Thanathozönosen zu formulieren; Anhaltspunkte für eine geringe Authentizität können dagegen leichter systematisch erfasst werden. Folgende Charakteristika wurden in der aktuellen Untersuchung als Kriterien für ihre geringe Authentizität gewertet:

- ♦ Die Anreicherung von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial stellt das verlässlichste Merkmal für erhebliche Unterschiede im Artgefüge von Ausgangsassoziation und Thanathozönose dar. Typischerweise sind in solchen Proben die schwach verkieselten Schalen vollständig aufgelöst und die stark verkieselten Schalen erreichen Anteile von mehr als 30 %.

In diesem Kontext nimmt das Auftreten von Arten aus der Gattung *Chaetoceros* eine Sonderstellung ein. Während die Schalen dieser Gattung aufgrund ihres niedrigen Konservierungspotenzials regelmäßig während der Sedimentation vollständig aufgelöst werden, überdauern ihre Sporen und sind im Sediment nachweisbar. Somit liefert der Nachweis der Sporen in der Thanathozönose einen eindeutigen Beleg für erhebliche Veränderungen im Artgefüge.

Auch das Auftreten von Arten, deren Schalenhälften ein unterschiedlich ausgeprägtes Konservierungspotenzial besitzen, kann einen wichtigen Hinweis auf geringe Authentizität liefern. In der Thanathozönose können z. B. die feinverkieselten Raphenschalen von *Achnanthes clevei* und verschiedenen Arten der Gattung *Cocconeis* komplett fehlen, während die stärker verkieselten raphenlosen Schalen nachweisbar sind.

- ♦ Die starke Dominanz einzelner Taxa innerhalb der Thanathozönose ist ebenfalls ein untrügliches Merkmal für geringe Authentizität. Das gilt insbesondere dann, wenn es sich bei dem dominierenden Taxon um eine Art handelt, deren Schalen ein hohes Konservierungspotenzial besitzen. Indikatorarten aus dem marinen Raum sind z. B. *Paralia sulcata* und *Actinopterychus senarius* (DENYS & DE WOLF 1999). In der aktuellen Untersuchung erwiesen sich *Fragilaria martyi* und *F. inflata* var. *istvanffy* als Zeigerarten für stark durch Lösungsprozesse beeinflusste Sedimente limnischen Ursprungs.

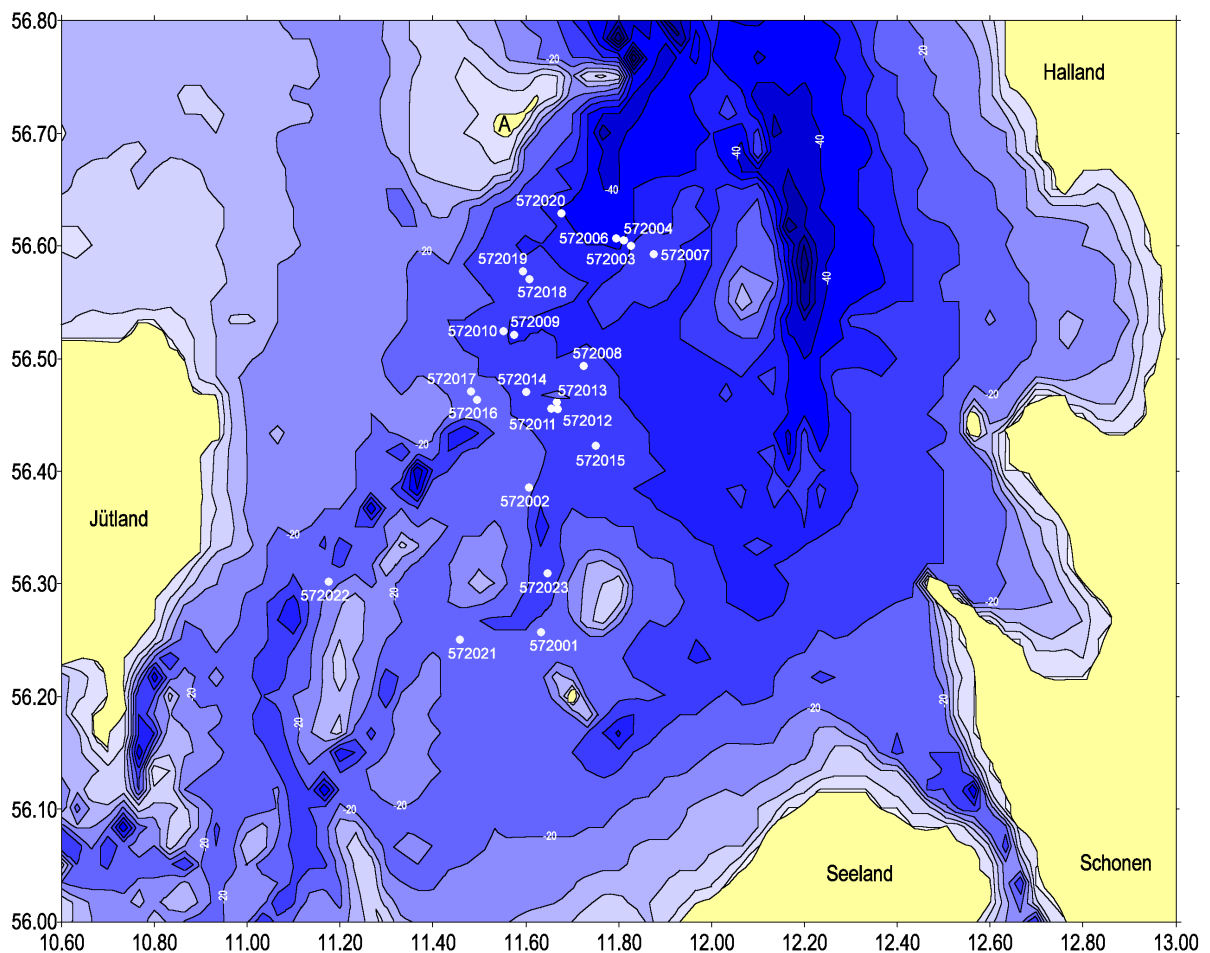
- ♦ Auch die Analyse der autökologischen Ansprüche – vor allem im Hinblick auf die Salinitätspräferenzen der Taxa – kann zur Beurteilung der Authentizität der Thanathozönosen herangezogen werden.

Treten innerhalb einer Thanathozönose Artengruppen auf, deren autökologische Ansprüche sich gegenseitig ausschließen, ist der Rückschluss auf eine verringerte Authentizität zwingend. Die in der aktuellen Untersuchung analysierten Proben stammen aus relativ flachen und kleinräumigen Meeresabschnitten; eine Einspülung von oligohaloben Arten aus mündenden Fließgewässern ist zu erwarten.

Diese oligohaloben Taxa allochthonen Ursprungs verfälschen die Zusammensetzung der Thanathozönose und senken somit den Grad der Authentizität.

- ♦ Die Authentizität einer Thanathozönose, die zu einem großen Teil aus planktischen Arten zusammengesetzt ist, kann kaum bewertet werden. Planktische Taxa werden leicht verdriftet, und es gibt keine Möglichkeit zu beurteilen, ob sie allochthonen oder autochthonen Ursprungs sind (SIMONSEN 1969; VOS & DE WOLF 1993a, 1993b).
- ♦ Der Erhaltungsgrad der Schalen ermöglicht – vor allem in Kombination mit der Analyse ihres Konservierungspotenzials – ebenfalls Rückschlüsse auf eine geringe Authentizität der Thanathozönose. Korrosionsschäden an der Schalenoberfläche und starke Fraktionierung weisen auf selektive Auflösung und damit auf eine unvollständige Überlieferung der Ausgangsassoziation hin.
- ♦ Durchschnittlich hohe Artenzahlen (>80) innerhalb der Thanathozönosen weisen auf die vielfältige Herkunft der Taxa hin und indizieren somit eine geringe Authentizität. Die Akkumulation von Arten erfolgt sowohl räumlich als auch zeitlich. Einerseits stammen die Taxa von unterschiedlichen Substraten und aus verschiedenen Lebensräumen, andererseits umfasst eine Probe mitunter Zeiträume von mehreren Jahren und beinhaltet daher die Lebensgemeinschaften einer längeren Periode.
- ♦ Im Gegensatz dazu liefern niedrige Artenzahlen jedoch keinen Hinweis auf eine hohe Authentizität; sie sind häufig das Produkt selektiver Auflösung. Besonders in den Proben aus dem Kattegat konnten deutlich niedrigere Artenzahlen als Hinweis auf eine Beeinflussung der Thanathozönose gewertet werden.

## Kernprofile aus dem Kattegat



**Abb. 5:** Die Kernstationen im Kattegat

In keiner der aus den Bohrkernen 572003, 572004, 572006, 572007, 572010, 572017, 572018, 572020 und 572021 entnommenen Proben konnten Diatomeen nachgewiesen werden, und in den Profilen 572008 und 572009 war die Anzahl der Schalen und Bruchstücke für eine sinnvolle statistische Auswertung nicht ausreichend. Auf eine weitere Beschreibung dieser Kernprofile wird deshalb verzichtet. In den verbleibenden Profilen konnten insgesamt 596 Diatomeentaxa aus 106 Gattungen identifiziert werden. Die Taxa sind in der Artenliste im Anhang aufgeführt (Tab. A1). Dort finden sich auch die Angaben über die Salinitätspräferenz, das Habitat, die pH-Präferenz, die Trophie-Klassifikation, das Temperaturoptimum und die Verbreitung, die in der aktuellen Arbeit zur Anwendung kamen. Zusätzlich sind dort Angaben über verbreitete Synonyme bzw. Basionyme und Florenwerke aufgeführt, in denen Artbeschreibungen und Abbildungen zu finden sind.

## Bohrkern 572019

Das Kernprofil 572019 stammt aus einer Wassertiefe von 32,4 m. Eine Schale von *Mytilus edulis* aus dem Abschnitt zwischen 287 und 278 cm T. wurde auf ein Alter von  $10.200 \pm 75$  Jahren BP datiert. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 4 gegeben.

**Tab. 4:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572019

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-200	feiner sandiger Schlamm	5 Y 3/2	20, 50, 150, 200
200-278	Schluff mit Lagen aus Ton	5 Y 4/1	220-260 (in 20 cm-Abständen)
278-287	Torf	10 YR 2/2	280
287-466	Lagen aus Ton, Schluff und schluffigen, feinem Sand	5 Y 4/1	300-460 (in 20 cm-Abständen)
466-568	grober Sand bis Kies	N3	
568-594	feiner Sand	5 Y 5/1	580

## Biostratigrafische Ergebnisse

Anhand der Diatomeenflora lassen sich die Sedimente dieses Kernprofils in zwei Zonen unterteilen.

### Zone 1

Die Zone 1 umfasst den unteren Kernabschnitt zwischen 600 und 466 cm T. Hier konnten keine Mikrofossilien nachgewiesen werden.

### Zone 2

Die Zone 2 erstreckt sich von 466 bis 0 cm T. In diesem Abschnitt konnten in allen Proben Diatomeenschalen nachgewiesen werden. Die Konzentration der Schalen ist sehr niedrig. Eine Auszählung und die davon abhängige statistische Auswertung waren nicht möglich.

Ein großer Teil der Schalen ist stark fraktioniert. Die Fraktionierung ist teilweise so weit fortgeschritten, dass nur wenige Bruchstücke identifizierbar waren.

Im untersten Bereich dieser Zone, zwischen 466 und 410 cm T., lassen sich nur oligohalobe Taxa wie *Fragilaria martyi* und *Amphora pediculus* nachweisen. In dem Bereich zwischen 410 und 230 cm T. tritt ein Gemisch aus Poly-, Meso- und Oligohalo-

bien auf. Neben den oben genannten oligohaloben Arten lassen sich mit *Fragilaria schulzii* und *Opephora mutabilis* mesohalobe und mit *Plagiogramma staurophorum* und *Paralia sulcata* polyhalobe Taxa beobachten. Im obersten Abschnitt, zwischen 230 und 0 cm T., sind ausschließlich halobionte Taxa nachweisbar.

**Tab. 5:** Verteilung der Artengruppen nach ihren Salinitätspräferenzen in Zone 2, Bk 572019

Teufe / cm	oligohalobe Taxa	mesohalobe Taxa	polyhalobe Taxa
0-230		x	x
230-410	x	x	x
410-466	x		

## Biostratigrafische Auswertung

### Zone 1

Da in den Ablagerungen der Zone 1 keine Mikrofossilien nachgewiesen werden konnten, sind keine ökostratigrafischen Aussagen möglich. Mithilfe des seismischen Profils und der Sedimentzusammensetzung konnte festgestellt werden, dass dieser Sedimentabschnitt im Spätglazial deponiert worden ist.

### Zone 2

Ökostratigrafische Aussagen über den Sedimentabschnitt der Zone 2 sind nur begrenzt möglich, da in den Ablagerungen nur wenige Schalen überliefert waren. Der schlechte Erhaltungsgrad, insbesondere die starke Fraktionierung, deutet an, dass die Schalen in einer Umgebung mit hoher Wellenenergie abgelagert wurden. Auch eine Umlagerung kann nicht ausgeschlossen werden. Außerdem liegt wahrscheinlich eine starke terrigene Beeinflussung vor, die zu dieser sehr niedrigen Schalenkonzentration geführt hat.

Mit abnehmender Teufe indiziert die überlieferte Diatomeenflora einen beginnenden und stärker werdenden marinen Einfluss; während im unteren Abschnitt ausschließlich oligohalobe Taxa auftreten, folgt darauf eine Schicht mit einem Gemisch von Taxa aller Salinitätspräferenzen. Im obersten Sedimentabschnitt treten dann ausschließlich halobionte Arten auf. Mithilfe der  $^{14}\text{C}$ -Datierung kann der Beginn der mari-

nen Beeinflussung des Untersuchungsgebiets auf einen Zeitpunkt vor 10.200 Jahren BP, also zu Beginn des Präboreals eingeordnet werden.

Das Kernprofil 572019 stammt aus dem nördlichsten Abschnitt des Untersuchungsgebiets. Im seismischen Profil konnte dort eine kanalartige Struktur beobachtet werden, die in Nord-Süd-Richtung verläuft. Wahrscheinlich hat sich innerhalb dieses Kanals der steigende Meeresspiegel zuallererst bemerkbar gemacht, weshalb diesem Kernprofil eine zentrale Bedeutung zukommt.

Die Ablagerungen der Zone 2 sind im frühen Holozän deponiert worden. Anhand der Diatomeenflora kann der Beginn der marinen Beeinflussung des Untersuchungsgebiets auf ein Alter von wahrscheinlich 10.200 Jahren BP datiert werden.

## Bohrkern 572002

Das Kernprofil 572002 stammt aus einer Wassertiefe von 21,8 m. Für die  $^{14}\text{C}$ -Datierung standen aus diesem Kern drei Proben zur Verfügung. Aus 458 bis 445 cm T. stammt eine Schale von *Macoma balthica*. Sie wurde auf ein Alter von  $9350 \pm 65$  Jahren BP datiert. Aus 150 bis 130 cm T. stammt eine Probe von *Mya truncata*, die auf ein Alter von  $8330 \pm 90$  Jahren BP datiert wurde. Für Schalenmaterial von *Corbula gibba* aus 110 bis 90 cm T. wurde ein Alter von  $7940 \pm 80$  Jahren BP ermittelt. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 6 gegeben. Alle biostratigrafischen Ergebnisse werden in Abbildung A1-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 6:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572002

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-155	Gyttja	5Y 5/2 - 5/1	3, 21, 41, 45, 61, 81, 102, 122, 142, 152
155-162	Lagen aus Gyttja, Ton und Schluff	5Y 5/2 - 4/1	159
162-199	schluffiger Ton	5Y 5/2 - 4/1	175, 192
199-273	schluffiger Ton mit Sand	5Y 5/2 - 4/1	207, 226, 247, 265
273-369	schluffiger Ton mit Sand	5Y 5/2 - 4/1	280, 306, 325, 345, 366
369-387	Lagen aus Ton, Schluff und Sand	5Y 5/2 - 4/1	377
387-413	feiner Sand	5Y 5/2 - 4/1	391, 408
413-430	Lagen aus Schluff und Ton	5Y 5/2 - 4/1	417, 427
430-436	Pflanzenreste	10YR 4/1 - 4/2	433
436-445	Lagen aus Schluff und Ton	5Y 5/1 - 10YR 4/2	440
445-458	feiner Sand	10YR 5/1	451
458-588	Lagen aus Ton und Sand	10YR 6/1	463, 481, 510, 531, 551, 565, 582

## Biostratigrafische Ergebnisse

Anhand der überlieferten Diatomeenschalen können innerhalb dieses Profils sechs Zonen unterschieden werden.

### Zone 1

In Zone 1, zwischen 590 und 458 cm T., sind keine Diatomeenschalen nachweisbar.



## Zone 2

In Zone 2, die den Abschnitt zwischen 458 und 445 cm T. umfasst, dominieren polyhalobe Arten mit einem Anteil von 73 %. 14 % der Taxa sind als mesohalob und 8 % als oligohalob klassifiziert.

76 % der Taxa leben benthisch, 21 % gehören in die benthisch/planktische Gruppe. *Paralia sulcata* (18 %) und *Dimeregramma minor* (12 %) dominieren das Artgefüge. Daneben treten *Ehrenbergia granulosa* (10 %), *Cymatosira belgica* (7 %) und *Planothidium engelbrechtii* (6 %) auf. Insgesamt konnten 81(432) Taxa identifiziert werden. Der Erhaltungsgrad der Schalen ist moderat. Es lassen sich jedoch vermehrt Schalen mit hohem Konservierungspotenzial feststellen (37 %).

## Zone 3

Die Zone 3 umfasst den Abschnitt zwischen 445 und 413 cm T. Die Diatomeenthathozönosen der einzelnen Proben dieser Zone unterscheiden sich erheblich voneinander (Abb. A1-B). Die Werte für die Dominanz-Identität sind niedrig. Innerhalb dieser Zone nimmt der Anteil der oligohaloben Taxa mit abnehmender Tiefe kontinuierlich zu. Im unteren Abschnitt (440 cm T.) liegt ihr Anteil nur knapp über 50 %. In den darüber liegenden Schichten steigt er stetig bis auf 80 % in 417 cm T. an. Gegenläufig verringert sich der Anteil an Mesohalobien von 24 auf 12 %, der der Polyhalobien von 20 auf 7 %.

Die prägenden Arten des unteren Abschnitts sind *Planothidium engelbrechtii* (max. 15 %), *Aulacoseira islandica* (max. 13 %), *A. ambigua* (max. 8 %) und *Paralia sulcata* (max. 4 %). Im oberen Abschnitt tritt *Aulacoseira ambigua* (max. 29 %) in den Vordergrund. Begleitarten sind *Fragilaria brevistriata* (max. 8 %), *F. pinnata* (max. 6 %) und *Amphora pediculus* (max. 3 %).

In allen Abschnitten überwiegen benthische Taxa. Ihr Anteil schwankt zwischen 52 und 81 %. Der Anteil planktischer Arten variiert zwischen 17 und 46 %.

Die als alkaliphil klassifizierten Taxa dominieren mit einem Anteil zwischen 34 und 67 %. Die zweitgrößte Artengruppe ist die der alkalibionten Taxa mit einem Anteil zwischen 6 und 19 %. Zwischen 2 und 16 % der Taxa sind als circumneutral eingestuft. Acidophile Taxa treten mit einem Anteil von maximal 2 % auf. Bis zu 38 % der Taxa sind nicht eingestuft.

Zwischen 4 und 16 % der Taxa sind als eutraphent klassifiziert, zwischen 4 und 8 % als  $\alpha$ -meso-eutraphent. Oligo- $\alpha$ - und oligo- $\beta$ -mesotraphente Taxa erreichen einen

maximalen Anteil von 3 %. Die Summe der indikativen Arten liegt zwischen 10 und 20 %, ihre Anzahl zwischen 9 und 20.

Die Artenzahl bewegt sich zwischen 82(400) und 97(403). Der Erhaltungsgrad der Schalen ist moderat. Eine Anreicherung von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial konnte nicht beobachtet werden.

#### Zone 4

Die Zone 4 erstreckt sich zwischen 413 und 162 cm T. Mit *Cyclotella comensis*, *Fragilaria martyi* und *Achnanthes minutissima* dominieren oligohalobe Arten. Die Gruppe der Oligohalobien erreicht insgesamt einen Anteil zwischen 66 und 84 %. Aus der Gruppe der Polyhalobien treten z. B. *Paralia sulcata* (max. 5 %), *Catenula adhaerens* (max. 2 %) und *Grammatophora marina* (max. 2 %) auf. Ihr Gesamtanteil bewegt sich zwischen 6 und 16 %.

**Tab. 7:** Dominante und häufige Taxa in Zone 4, Bk 572002

Aufgeführt werden Taxa, die Anteile von  $\geq 5$  % erreichten. Es bedeuten oh: oligohalob, ph: polyhalob, eh: euryhalin, b: benthisch, p: planktisch, alkf: alkaliphil, circ: circumneutral, tol: tolerant, am-eut:  $\alpha$ -meso-eutraphent, h: hoch, m: moderat, n: niedrig.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	pH	Trophie	KoP
<i>Cyclotella comensis</i>	29-1	oh	p	circ		
<i>Fragilaria brevistriata</i>	8-2	oh	b	alkf	tol	m
<i>Fragilaria martyi</i>	8-1	oh	b	alkf		m
<i>Fragilaria construens</i> + f.	8-0	oh	b	alkf		m
<i>Achnanthes minutissima</i>	7-1	oh	b	circ	tol	n
<i>Aulacoseira ambigua</i>	6-0	oh	p	alkf		m
<i>Amphora pediculus</i>	5-2	oh	b	alkf	tol	m
<i>Fragilaria pinnata</i>	5-0,2	oh	b	alkf	tol	m
<i>Navicula utermoehlii</i>	5-0	oh	b	alkf	am-eut	
<i>Paralia sulcata</i>	5-0	ph eh	bp			h

Ähnliche Werte, zwischen 4 und 19 %, erreichen die mesohaloben Arten. Aus dieser Gruppe werden für *Planothidium engelbrechtii* (max. 4 %), *Opephora parva* (max. 4 %) und *Actinocyclus normannii* (max. 2 %) die höchsten Werte verzeichnet.

Die Mehrzahl der Taxa lebt benthisch (60 bis 92 %). Der Anteil der planktischen Taxa schwankt zwischen 5 und 35 %. Die Gruppe der benthisch/planktischen Arten erreicht maximal 7 %.

Alkaliphile Taxa dominieren mit einem Anteil zwischen 21 und 46 %. Als zweitgrößte Artengruppe erreichen die circumneutralen Taxa einen Anteil zwischen 8 und 37 %. Zwischen 5 und 14 % der Taxa sind als alkalibiont, zwischen 1 bis 6 % als acidophil eingestuft. Maximal 40 % der Taxa sind nicht klassifiziert.

Es traten zwischen 6 und 11 %  $\alpha$ -meso-eutraphente, zwischen 1 und 10 % eutraphente, zwischen 0,2 und 4 % oligo- $\alpha$ -mesotraphente, zwischen 0 und 3 % oligo- $\beta$ -mesotraphente und zwischen 0 und 1 % oligotraphente Taxa auf. Die Summe der indikativen Arten liegt zwischen 12 und 21 %, ihre Anzahl zwischen 19 und 26.

Die Artenzahlen pro Probe sind sehr hoch und schwanken zwischen 90(418) und 112(401). Der Erhaltungsgrad der Schalen ist moderat. Eine Anhäufung von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial konnte nicht beobachtet werden, und in allen Proben tritt ein aussagekräftiger Anteil an schwach verkieselten Schalen auf.

### **Zone 5**

Die Zone 5 umfasst den Abschnitt zwischen 162 und 155 cm T. Dominiert wird diese Zone von oligohaloben Arten wie *Fragilaria brevistriata* (8 %), *F. martyi* (8 %), *Rhoicosphenia abbreviata* (4 %) und *Amphora pediculus* (2 %). Die Oligohalobien erreichen in diesem Abschnitt nur noch einen Anteil von 56 %. 16 % werden von mesohaloben Taxa wie *Fragilaria schulzii* (4 %) und *Hyalodiscus scoticus* (3 %) gestellt. Polyhalobe Arten erreichen einen Anteil von 25 %. Aus dieser Gruppe treten *Paralia sulcata* (9 %), *Cymatosira belgica* (2 %) und *Delphineis minutissima* (2 %) in den Vordergrund.

Es lassen sich 81 % benthische Taxa nachweisen; 12 % stammen aus der benthisch/planktischen Gruppe.

Die als alkaliphil klassifizierten Taxa dominieren mit einem Anteil von 45 %. Die zweitgrößte Artengruppe ist die der alkalibionten Taxa mit einem Anteil von 11 %. Circumneutrale und acidophile Taxa treten mit einem maximalen Anteil von 1 % auf. 43 % der Taxa sind nicht eingestuft.

Eutraphente Taxa dominieren in dieser Zone mit 11 %. Jeweils 4 % sind als  $\alpha$ -meso-eutraphent und oligo- $\beta$ -mesotraphent klassifiziert. Die oligo- $\alpha$ -mesotraphenten Taxa erreichen einen Anteil von 1 %. Die Summe der indikativen Arten liegt bei 20 %, ihre Anzahl bei 24.

108(417) Taxa konnten in diesem Abschnitt identifiziert werden. Der Erhaltungsgrad der Schalen ist moderat. Eine Anhäufung von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial konnte nicht beobachtet werden.

### **Zone 6**

In der Zone 6, zwischen 155 und 0 cm T., sind weder Diatomeenschalen noch andere Mikrofossilien überliefert.

## **Biostratigrafische Auswertung**

### **Zone 1**

In den Ablagerungen der Zone 1 waren keine Mikrofossilien nachweisbar. Es ist also nicht möglich, anhand der Diatomeenflora ökostratigrafische Aussagen zu treffen. Mithilfe des seismischen Profils und der Sedimentzusammensetzung konnte festgestellt werden, dass dieser Sedimentabschnitt im Spätglazial deponiert worden ist. Die Foraminiferen-Fauna indiziert glazio-marine Bedingungen und eine große Paläowassertiefe (BENNIKE et al. 2000).

### **Zone 2**

Die Sedimente der Zone 2 sind in einer marinen Umgebung entstanden. Die Diatomeenflora ist überwiegend aus halobionten Taxa zusammengesetzt. Der geringe Anteil an oligohaloben Arten wurde vermutlich vom umliegenden Festland eingespült oder aus den jüngeren Abschnitten untergemischt. Das Artgefüge deutet außerdem auf eine Flachwasserzone als Ursprungsort des autochthonen Teils der Thanathozönose hin.

Eine Anreicherung von Arten mit einheitlicher Substratpräferenz ist nicht zu beobachten. Es fällt jedoch auf, dass die meisten Taxa Festsubstrate bevorzugen oder im Pelagial leben. Dagegen sind auffallend wenig Arten mit epiphytischer Präferenz nachweisbar.

Wahrscheinlich liegt eine Beeinflussung der Authentizität durch Lösungsprozesse vor, das Ausmaß ist in diesem Kernprofil jedoch schwer abzuschätzen; obwohl die Artenzahlen hoch und die Anzeichen von Korrosion oder Fraktionierung an den Schalen gering waren, trat in den Thanathozönosen ein erheblicher Anteil an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial auf. Zu den dominierenden Arten gehörten mit *Paralia sulcata*, *Dimeregramma minor*, *Ehrenbergia granulosa* und *Cymatosira*

*belgica* gerade solche Taxa, die aufgrund ihres hohen Konservierungspotenzials typische Anzeiger für eine niedrige Authentizität sind (DENYS 1989; VOS & DE WOLF 1993b; DENYS & DE WOLF 1999).

Die Ablagerungen der Zone 2 sind im Holozän (H1) in einem flachen Meeresabschnitt deponiert worden. Mithilfe der  $^{14}\text{C}$ -Datierung lässt sich dieser Sedimentabschnitt auf ein Alter von  $9350 \pm 65$  Jahren BP datieren.

### **Zone 3**

Die Thanathozönosen in den Ablagerungen der Zone 3 indizieren eine zunehmende Beeinflussung des ursprünglich rein marinen Paläogewässers durch den Zulauf von Süßwasser. Mit abnehmender Teufe verringert sich der Anteil der halobionten Taxa, während der der oligohaloben Arten ansteigt.

Der Wechsel im Artgefüge der Diatomeenflora deutet gleichzeitig auch auf einen steigenden Wasserspiegel hin; der Anteil der planktischen Arten nimmt in dieser Zone stark zu. Gleichzeitig weisen der hohe Anteil an Planktonorganismen und die Sedimentzusammensetzung aus Schluff und Ton auf eine ruhige Sedimentationsumgebung hin.

Die Veränderungen in der Artenzusammensetzung, besonders der Wechsel zwischen der im unteren Abschnitt dieser Zone dominierenden *Aulacoseira islandica* und den im oberen Abschnitt dominierenden Taxa *A. granulata* und *A. ambigua*, weisen auf eine Erhöhung der Wassertemperatur im Sedimentationszeitraum hin. *A. islandica* ist eine typische Kaltwasserform, die rezent in mitteleuropäischen Gewässern häufig im Frühjahrsplankton dominiert (KLEE & STEINBERG 1987; KLEE mündl. Mitteilung). RODHE (1948) gibt für *A. islandica* ein Temperaturoptimum von  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  an. HUSTEDT (1962) fand die Art vorwiegend im Winterplankton norddeutscher Seen. Im Norden von Kanada tritt sie bei Jahresdurchschnittstemperaturen von  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  als dominantes Taxon im Mündungsgebiet des Mackenzies auf (CAMPEAU et al. 1999). *A. granulata* und *A. ambigua* haben dagegen relativ hohe Temperaturansprüche und treten rezent in Mitteleuropa hauptsächlich im Sommerplankton auf (LUND 1954; HUTCHINSON 1967; KILHAM 1990).

Ebenso wie bei der Analyse der Salinitätsansprüche fällt auch bei der Begutachtung der pH-Präferenzen auf, dass in den Thanathozönosen ein Gemisch von Arten auftritt, deren autökologische Ansprüche sich gegenseitig ausschließen. So treten neben den dominierenden alkaliphilen und alkalibionten Taxa nicht nur circumneutrale

sondern auch acidophile Taxa auf. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei dem Versuch, mithilfe des Trophie-Index nach HOFMANN (1994) den trophischen Status zu rekonstruieren. Die trophischen Einstufungen der Taxa sind breit gefächert; sowohl eutraphente als auch oligotraphente Arten sind beobachtbar. Das zeigt deutlich, dass die Taxa, deren Schalen gemeinsam in dieser Zone überliefert wurden, nicht nur von einem Standort bzw. von einer einzigen Lebensgemeinschaft stammen, sondern dass es sich um ein vielfältiges Gemisch von Taxa aus sehr unterschiedlichen Lebensräumen und Gewässertypen handelt. Ein weiteres Indiz dafür sind die sehr hohen Artenzahlen. Es ist kaum möglich, autochthone von allochthonen Arten zu trennen. Mithilfe ihrer vom Gros der Taxa abweichenden autökologischen Ansprüche kann jedoch ein Anteil zwischen 12 und 31 % als vermutlich allochthonen Ursprungs angesprochen werden. Dazu wurden die als polyhalob, halophob, acidophil bzw. oligotraphent klassifizierten Taxa zusammengefasst.

Die Ablagerungen der Zone 3 sind im Holozän (H2a) deponiert worden. Das Artgefüge indiziert eine steigende Beeinflussung durch den Einstrom von Süßwasser, eine Erhöhung der Wassertemperatur und einen steigenden Wasserspiegel im Paläogewässer. Die Thanathozönosen sind aus einem Gemisch von Arten aus verschiedenen Lebensräumen zusammengesetzt.

#### **Zone 4**

Die Ablagerungen der Zone 4 weisen auf eine stark durch Süßwasser beeinflusste Paläoumgebung hin. Oligohalobe Taxa dominieren deutlich im gesamten Abschnitt. Das stete Auftreten polyhalober Taxa in geringen Abundanzen deutet darauf hin, dass das Gewässer jedoch auch weiterhin durch Meerwasserintrusionen beeinflusst wurde.

Wechselnde Lagen aus Sand, Schluff und Ton deuten auf Variationen in der Stärke der Wasserbewegungen hin, die vermutlich durch Wechsel in der Strömungsintensität hervorgerufen wurden. Der durchgängig hohe Anteil an planktischen Taxa deutet jedoch an, dass in der Paläoumgebung überwiegend ruhige Bedingungen vorlagen. In diesem Sedimentabschnitt gibt es keine Hinweise auf Veränderungen in der Höhe des Wasserspiegels.

Ähnlich wie im Liegenden treten auch in dieser Zone Arten im Sediment auf, deren autökologische Ansprüche sich gegenseitig ausschließen. So liegen eu- und oligotraphente, halophobe und polyhalobe sowie alkalibionte und acidophile Taxa nebenein-

ander vor. Außerdem sind in allen Proben hohe Artenzahlen nachweisbar; trotz des guten Erhaltungsgrads der Schalen sind die Anzahlen zu hoch, als dass sie alle aus einer einzigen Lebensgemeinschaft stammen könnten. Auch hier liegt also innerhalb der Thanathozönosen ein Gemisch aus Arten unterschiedlicher Standorte und Lebensräume vor. Allochthone und autochthone Schalen sind anhand von Schalenmerkmalen nicht voneinander zu unterscheiden. Mithilfe ihrer vom Gros der Taxa abweichenden autökologischen Ansprüche kann jedoch ein Anteil zwischen 20 und 35 % als vermutlich allochthonen Ursprungs angesprochen werden. In diese Gruppe gehören die als polyhalob, halophob, acidophil oder oligotraphent klassifizierten Taxa.

Da der überwiegende Teil der Taxa als meso- bis eutraphent sowie alkaliphil bzw. alkalibiont klassifiziert ist und im Paläogewässer eine permanente Beeinflussung durch Meerwasserintrusionen vorlag, ist es wahrscheinlich, dass während des Ablagerungszeitraums im Paläogewässer überwiegend eutrophe und alkalische Bedingungen vorlagen.

Obwohl der Erhaltungsgrad der Schalen moderat bis gut ist und nur ein niedriger Anteil an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial auftritt, liegt kein hoher Grad an Authentizität vor. Das Gemisch aus Arten unterschiedlicher Standorte und Lebensräume und die hohen Artenzahlen zeigen deutlich, dass innerhalb der Thanathozönosen nicht nur eine einzige Lebensgemeinschaft sondern ein Gemisch aus den verschiedensten überliefert wurde. Wahrscheinlich war im Ablagerungszeitraum die Sedimentationsrate sehr hoch, sodass sowohl die allochthonen als auch die autochthonen Schalen schnell im Sediment eingebettet wurden und dadurch den Lösungsprozessen entzogen waren.

Die holozänen Ablagerungen (H2b) der Zone 4 stammen aus einer vermutlich eutrophen und alkalischen Paläoumgebung, die überwiegend durch Süßwasser beeinflusst wurde. Die Thanathozönosen sind aus einem Konglomerat von Arten aus verschiedenen Lebensräumen zusammengesetzt.

## **Zone 5**

In den Ablagerungen der Zone 5 wird deutlich, dass, im Vergleich zum Liegenden, der Einfluss von Meerwasser im Paläogewässer gestiegen ist. Der nur leicht erhöhte Anteil an halobionten Taxa zeigt jedoch, dass das Ausmaß und die Auswirkungen der marinen Intrusionen zunächst begrenzt war.

Die Sedimentzusammensetzung aus Ton, Schluff und Gytja und der relativ hohe Anteil an Planktonorganismen indizieren, dass die Sedimentationsumgebung auch weiterhin weitgehend ruhig war. Hinweise auf Veränderungen in der Höhe des Wasserspiegels liegen nicht vor.

Auch in dieser Zone treten in den Thanathozönosen mit dem moderaten Erhaltungsgrad der Schalen und dem niedrigen Anteil an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial Merkmale für eine hohe Authentizität auf. Gleichzeitig deuten das Gemisch von Diatomeentaxa mit diametralen autökologischen Ansprüchen und die hohen Artenzahlen jedoch an, dass es sich auch in den Thanathozönosen dieser Zone um Gemische von verschiedenen Standorten und Lebensräumen handelt. Es liegt also eindeutig keine hohe Authentizität vor.

Da in diesem Abschnitt überwiegend als meso- bis eutraphent sowie als alkaliphil bzw. alkalibiont klassifizierte Taxa auftreten und im Paläogewässer eine deutliche Beeinflussung durch Meerwasserintrusionen aufgetreten ist, ist es wahrscheinlich, dass auch während dieses Ablagerungszeitraums im Paläogewässer überwiegend eutrophe und alkalische Bedingungen vorlagen.

Die Ablagerungen der Zone 5 sind im Holozän (H2c) in einer überwiegend durch Süßwasser geprägten Umgebung entstanden. Im Gegensatz zum Liegenden trat jedoch in dieser Periode eine stärkere Beeinflussung durch Meerwasser auf. Die Diatomeenflora indiziert alkalische und eutrophe Bedingungen. Auch in dieser Zone bestehen die Thanathozönosen aus einem Gemisch von Arten aus unterschiedlichen Lebensräumen.

## **Zone 6**

In den holozänen Ablagerungen (H3) der Zone 6 konnten keine Diatomeenschalen beobachtet werden, demzufolge sind auch hier keine ökostratigrafischen Aussagen möglich. Anhand der Mollusken- und Foraminiferen-Besiedlung konnte eine marine Umgebung mit großer Wassertiefe als Sedimentationsumgebung rekonstruiert werden (BENNIKE et al. 2000).



## Bohrkern 572011

Das Kernprofil 572011 stammt aus einer Wassertiefe von 27,9 m. Zwei Proben aus unterschiedlicher Teufe wurden datiert. Für eine Schale von *Mytilus edulis* aus 567 bis 560 cm T. wurde ein Alter von  $9650 \pm 90$  Jahren BP ermittelt. Schalenmaterial von *Cerastoderma edule* und *Macoma balthica* aus 155 bis 145 cm T. wird auf ein Alter von  $8835 \pm 55$  Jahren BP datiert. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 8 gegeben. Alle biostratigrafischen Ergebnisse werden in Abbildung A2-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 8:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572011

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-49	Ton	5 Y 3/2	20, 40
49-194	Schluff	5 Y 4/1	60-180 (in 20 cm-Abständen)
194-516	Lagen aus Ton, Schluff und humösen Schichten	5 Y 4/1, 5 Y 5/1, 10 YR 2/2	200-500 (in 20 cm-Abständen)
516-525	Schluff → feiner Sand	5 Y 3/2	520
525-567	mittelfeiner Sand	5 Y 5/1	540, 560
567-595	Ton	10 YR 4/2	580

## Biostratigrafische Ergebnisse

Anhand der überlieferten Diatomeenschalen ist eine Gliederung dieses Kernprofils in vier Zonen möglich.

### Zone 1

In Zone 1, zwischen 600 und 567 cm T., lassen sich keine fossilen Mikroorganismen nachweisen.

### Zone 2

Die Zone 2 umfasst den Abschnitt zwischen 567 und 550 cm T. In diesem Abschnitt dominieren polyhalobe Taxa (94 %). Die mesohaloben Arten erreichen einen Anteil von 4 %, die oligohaloben Taxa von 2 %.

52 % der Arten leben benthisch, 48 % gehören in die benthisch/planktische Gruppe. Die dominante Art ist *Paralia sulcata* (37 %). Neben ihr treten *Ehrenbergia granulosa* (14 %), *Catenula adhaerens* (9 %), *Plagiogramma staurophorum* (8 %) und *Actino-*

*ptychus senarius* (7 %) auf. Insgesamt konnten 44(501) Taxa identifiziert werden. Die Schalen sind sehr schlecht erhalten; viele sind stark fraktioniert. Mehr als 50 % der Schalen besitzen ein hohes Konservierungspotenzial.

### **Zone 3**

Die Zone 3 erstreckt sich zwischen 550 und 516 cm T. Es handelt sich um eine Zone, in der sich die Artenzusammensetzung mit abnehmender Teufe stark verändert; die Identitätswerte sind dementsprechend niedrig (Abb. A2-B). Der Anteil der polyhaloben Taxa sinkt innerhalb dieser Zone mit abnehmender Teufe von 57 auf 12 % ab. Der Anteil der oligohaloben Taxa steigt deutlich an. Im unteren Abschnitt beträgt er 35 %, im oberen erreicht er 77 %. Der Anteil der mesohaloben Taxa schwankt zwischen 6 und 7 %.

Ähnlich große Veränderungen treten auch in der Verteilung der Arten mit unterschiedlicher Lebensform auf. Im unteren Abschnitt liegen 75 % benthische und nur 5 % planktische Taxa vor. Im oberen Abschnitt ist nur noch ein Anteil von 51 % an benthischen Arten vorhanden. 44 % gehören in die Gruppe der planktischen Taxa. Dominant sind im unteren Abschnitt dieser Zone *Ehrenbergia granulosa* (26 %) und *Paralia sulcata* (11 %). Daneben treten *Fragilaria brevistriata* (8 %), *Podosira stelliger* (6 %) und *Opephora pacifica* (3 %) auf. Im oberen Abschnitt wird die Thanathozönose von *Aulacoseira islandica* (21 %) dominiert. Subdominant sind *Aulacoseira ambigua* (17 %), *Fragilaria brevistriata* (5 %), *Amphora pediculus* (4 %) und *Fragilaria martyi* (3 %).

Im unteren Abschnitt sind 28 % der Taxa als alkaliphil klassifiziert, im oberen Abschnitt sind es 43 %. Der Anteil der als circumneutral eingestuften Taxa erhöht sich von 4 auf 22 %, der der alkalibionten Taxa liegt zwischen 2 und 3 %. Im unteren Abschnitt sind 64 % der Taxa nicht eingestuft, im oberen Abschnitt sind es noch knapp 31 %.

Insgesamt ist der Anteil der Trophie-indikativen Arten in dieser Zone niedrig. Maximal 6,5 % der Taxa sind klassifiziert, die meisten sind als  $\alpha$ -meso-eutraphent eingestuft. Mit 13 bis 19 treten jedoch hohe Zahlen an indikativen Arten auf.

Die Artenzahl schwankt zwischen 82(454) und 97(445). Der Erhaltungsgrad der Schalen ist im unteren Abschnitt schlecht, er verbessert sich im oberen Abschnitt deutlich. Der Anteil an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial sinkt von 19 auf 4 %.

## Zone 4

Der gesamte obere Abschnitt des Kernprofils zwischen 516 und 0 cm T. bildet eine mehr oder weniger einheitliche Zone. Die Mehrzahl der hier auftretenden Taxa gehört in die Gruppe der Oligohalobien. Ihr Anteil schwankt zwischen 70 und 86 %. Mesohalobe Taxa treten mit einem Anteil zwischen 4 und 13 % auf. Für die Polyhalobien wurde ein Anteil zwischen 2 und 14 % verzeichnet.

In der gesamten Zone dominieren *Fragilaria brevistriata* und *F. martyi*. Begleitend treten stetig verschiedene Formen von *F. construens* sowie *Amphora pediculus* und *Cocconeis neothumensis* auf.

**Tab. 9:** Dominante und häufige Taxa in Zone 4, Bk 572011

Aufgeführt werden Taxa, die Anteile von  $\geq 5$  % erreichten. Es bedeuten oh: oligohalob, b: benthisch, p: planktisch, alkf: alkaliphil, circ: circumneutral, alkb: alkalibiont, tol: tolerant, am-eut:  $\alpha$ -meso-eutraphent, m: moderat.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	pH	Trophie	KoP
<i>Cyclotella comensis</i>	25-4	oh	p	circ		
<i>Aulacoseira ambigua</i>	15-0	oh	p	alkf		m
<i>Fragilaria brevistriata</i>	14-3	oh	b	alkf	tol	m
<i>Fragilaria martyi</i>	13-3	oh	b	alkf		m
<i>Fragilaria construens</i> + f.	12-2	oh	b	alkf		m
<i>Aulacoseira islandica</i>	12-0	oh	p	circ		m
<i>Navicula utermoehlii</i>	11-0	oh	b	alkf	am-eut	
<i>Amphora pediculus</i>	9-2	oh	b	alkf	tol	m
<i>Fragilaria capucina</i>	9-0	oh	bp			m
<i>Cocconeis neothumensis</i>	8-2	oh	b	alkb	am-eut	
<i>Fragilaria pseudoconstruens</i>	7-0	oh	b			
<i>Navicula</i> aff. <i>utermoehlii</i>	5-0					
<i>Aulacoseira</i> aff. <i>muzzanensis</i>	5-0					

Zwischen 2 und 13 % der Taxa sind als eutraphent klassifiziert, zwischen 2 und 12 % als  $\alpha$ -meso-eutraphent. Oligo- $\alpha$ - und oligo- $\beta$ -mesotraphente Taxa erreichen einen maximalen Anteil von 3 %, oligotraphente Taxa maximal 1 %. Die Summe der indikativen Arten liegt zwischen 12 und 23 %, ihre Anzahl zwischen 17 und 29.

Die Artenzahl schwankt zwischen 86(453) und 112(455) Taxa pro Probe. Der Erhaltungsggrad der Schalen ist überwiegend moderat. Nur im Abschnitt zwischen 110 und 70 cm T. sind die Schalen in einem sehr schlechten Zustand. Eine Anreicherung von

Schalen mit hohem Konservierungspotenzial lässt sich jedoch auch hier nicht beobachten.

Aufgrund der unterschiedlichen Verteilung der planktischen Taxa lässt sich die Zone 4 in zwei Subzonen untergliedern.

In **Subzone 1**, dem unteren Abschnitt der Zone zwischen 516 und 230 cm T., tritt ein deutlich höherer Anteil an planktischen Taxa auf; er liegt zwischen 14 und 35 %. Ihren Verbreitungsschwerpunkt haben hier *Cyclotella comensis*, *Aulacoseira islandica*, *A. ambigua* und *A. aff. muzzanensis*. Die als alkaliphil klassifizierten Taxa dominieren mit einem Anteil zwischen 38 und 62 % in dieser Subzone. Die zweitgrößte Artengruppe ist die der circumneutralen Taxa mit einem Anteil zwischen 10 und 31 %. Zwischen 5 und 8 % der Taxa sind als alkalibiont eingestuft. Acidophile Taxa treten mit einem maximalen Anteil von 4 % auf. Maximal 31 % der Taxa sind nicht klassifiziert.

In **Subzone 2** erreicht der Anteil der planktischen Taxa maximal 8 %. Hier dominieren die benthischen Arten mit einem Anteil zwischen 88 und 96 %. Die planktischen Taxa der Subzone 1 treten zurück. Ein benthisches Taxon, das erst in diesem Abschnitt höhere Anteile erreicht, ist *Navicula utermoehlii*.

In dieser Subzone sind 47 bis 63 % der Taxa als alkaliphil klassifiziert. Der Anteil der als alkalibiont eingestuften Taxa erhöht sich auf 8 bis 16 %, der der circumneutralen Taxa sinkt auf 3 bis 8 %. Acidophile Taxa erreichen höchstens 4 %. Für maximal 33 % der Taxa liegt keine Einstufung vor.

## Biostratigrafische Auswertung

### Zone 1

In den Ablagerungen der Zone 1 waren keine Mikrofossilien nachweisbar, anhand der Diatomeenflora können dementsprechend keine ökostratigrafischen Aussagen getroffen werden. Mithilfe des seismischen Profils und der Sedimentzusammensetzung konnte als Ablagerungszeitraum dieses Sedimentabschnitts das Spätglazial bestimmt werden. Die Foraminiferen-Fauna indiziert glazio-marine Bedingungen und eine große Paläowassertiefe (BENNIKE et al. 2000).

## Zone 2

Die Ablagerungen der Zone 2 sind in einer marinen Umgebung deponiert worden. Die Thanathozönose ist fast vollständig aus halobionten Arten zusammengesetzt, wobei die polyhaloben Arten deutlich dominieren. Der niedrige Anteil an oligohaloben Taxa, der stetig auftritt, wurde vermutlich eingespült.

Das Artgefüge deutet auf eine Flachwasserzone als Ursprungsort der Thanathozönose hin. Zwar ist der Anteil der benthisch/planktischen Artengruppe in der Thanathozönose relativ hoch, reine Planktonorganismen fehlen jedoch vollständig.

Eine Kumulation von Arten mit gleichartiger Substratpräferenz ist nicht zu beobachten. Es fällt jedoch auf, dass ein großer Teil der Taxa Festsubstrate bevorzugt, auffallend wenige Arten mit epiphytischer Präferenz sind nachweisbar. Das Sediment ist in dieser Zone aus feinem Sand zusammengesetzt, was auf eine unruhige Sedimentationsumgebung hindeutet.

Die Überlieferung der Ausgangspopulation ist deutlich durch selektive Auflösung beeinflusst, die Authentizität wahrscheinlich gering. Ein erheblicher Anteil der Schalen besitzt ein hohes Konservierungspotenzial, die Schalen weisen Korrosionsschäden auf und die Artenzahl ist sehr niedrig. Außerdem wird die Thanathozönose stark von *Paralia sulcata* dominiert, einem Taxon, das häufig als Indikator für eine niedrige Authentizität angesehen wird (DENYS 1989; VOS & DE WOLF 1993b; DENYS & DE WOLF 1999). Diese Faktoren deuten eine Ablagerung unter stark gestörten Bedingungen an.

Die Ablagerungen der Zone 2 sind im Holozän (H1) in einem flachen Meeresabschnitt unter wahrscheinlich unruhigen Sedimentationsbedingungen deponiert worden. Mithilfe der  $^{14}\text{C}$ -Datierung lässt sich dieser Sedimentabschnitt auf ein Alter von  $9650 \pm 90$  Jahren BP datieren.

## Zone 3

Die Ablagerungen der Zone 3 sind in einer Übergangsphase entstanden, in der das ursprünglich marine Paläogewässer zunehmend durch den Einstrom von Süßwasser beeinflusst wurde. Mit abnehmender Teufe verringert sich der Anteil der halobionten Taxa deutlich, während der der oligohaloben Arten ansteigt.

Der Wechsel im Artgefüge der Diatomeenflora deutet auch auf einen steigenden Wasserspiegel hin; der Anteil der planktischen Arten nimmt stark zu. Gleichzeitig

weist der hohe Anteil an planktischen Taxa und die Sedimentzusammensetzung aus Schluff und Ton auf eine ruhige Sedimentationsumgebung hin.

Bei der Analyse der autökologischen Ansprüche der Taxa fällt auf, dass sich einige Arten durch ihre Klassifikation gegenseitig ausschließen. So treten neben alkalibionten Arten auch acidophile, neben eutraphenten auch oligotraphente und neben halophoben polyhalobe Taxa auf. Das zeigt deutlich, dass die Taxa, die hier zusammen in einem Sedimentabschnitt überliefert wurden, von verschiedenen Standorten und Lebensräumen stammen. Ein weiteres Indiz dafür sind die durchgängig extrem hohen Artenzahlen. Trotz des moderaten Erhaltungsgrads der Schalen und des niedrigen Anteils an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial ist die Authentizität gering.

Da jedoch ein großer Teil der Arten als meso- bzw. eutraphent und alkaliphil bzw. alkalibiont eingestuft ist und ein stetiger thalassogener Einfluss vorlag, herrschten im Paläogewässer vermutlich eutrophe und alkalische Bedingungen vor.

Die Sedimentationsrate war im Paläogewässer wahrscheinlich sehr hoch, sodass sowohl autochthone als auch allochthone Schalen schnell im Sediment eingebettet wurden.

Die Ablagerungen der Zone 3 sind im Holozän (H2a) deponiert worden. Das Artgefüge indiziert eine steigende Beeinflussung durch den Zustrom von Süßwasser und einen ansteigenden Wasserspiegel im vermutlich eutrophen und alkalischen Paläogewässer. Die Thanathozönosen bestehen aus einem Gemisch von Arten mit diametralen autökologischen Ansprüchen.

#### **Zone 4**

Die Ablagerungen der Zone 4 weisen auf eine stark durch Süßwasser beeinflusste Sedimentationsumgebung hin. Oligohalobe Taxa dominieren. Das stete Auftreten polyhalober Taxa deutet jedoch an, dass das Paläogewässer auch weiterhin permanent durch den Eintrag von Meerwasser beeinflusst wurde.

Wechselnde Lagen aus Sand, Schluff und Ton deuten auf Variationen in der Wasserbewegung hin, wobei die besonders in dem unteren Abschnitt dieser Zone durchgängig hohen Anteile an planktischen Taxa indizieren, dass die Paläoumgebung überwiegend ruhig war.

Innerhalb der Thanathozönosen gibt es deutliche Hinweise auf Veränderungen des relativen Wasserspiegels des Paläogewässers. In Subzone H2b-1 ist der Anteil an

Planktonorganismen deutlich höher als in Subzone H2b-2. Wahrscheinlich war die Sedimentationsrate im Ablagerungszeitraum sehr hoch, sodass es zu einer Verfüllung im Sedimentationsbereich kam, wodurch sich der relative Wasserstand veränderte. Diese Veränderungen umfassten jedoch vermutlich nur wenige Meter. Auch Veränderungen in der Strömungsgeschwindigkeit hätten einen entsprechenden Wechsel im Artgefüge hervorrufen können. Da sich jedoch die Sedimentzusammensetzung in diesem Abschnitt nicht wesentlich verändert, ist diese Möglichkeit eher unwahrscheinlich.

Die Analyse der autökologischen Ansprüche der Taxa ergibt hier ebenfalls, dass die Thanathozönosen aus einem ausgeprägten Gemisch von Arten aus verschiedenen Lebensräumen und Standorten zusammengesetzt sind. Zudem treten auch in dieser Zone in den Thanathozönosen sehr hohe Artenzahlen auf. Trotz eines niedrigen Anteils an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial und einem überwiegend moderaten bis guten Erhaltungsgrad der Schalen ist also auch hier die Authentizität gering.

Es ist nicht möglich, autochthone und allochthone Arten anhand ihrer Schalenmerkmale voneinander zu unterscheiden. Mithilfe ihrer vom Gros der Taxa abweichenden autökologischen Ansprüche kann jedoch ein Anteil zwischen 17 und 35 % als vermutlich allochthonen Ursprungs angesprochen werden. Dazu gehören die als polyhalob, halophob, acidophil und oligotroph klassifizierten Taxa.

Für die oberen 50 cm dieses Sedimentabschnitts ergibt sich ein Widerspruch zwischen den von der Diatomeenflora abgeleiteten ökostratigrafischen Aussagen und den Ergebnissen, die anhand des seismischen Profils und durch die Sediment- und Makrofossilanalyse gewonnen wurden.

Anhand der Diatomeenflora ist innerhalb dieses Abschnitts höchstens ein minimal ansteigender mariner Einfluss zu belegen. Durch die Analyse der Florenzusammensetzung und der Ähnlichkeitsmatrix ergeben sich für diesen Abschnitt kaum Hinweise auf Veränderungen im Artgefüge und eine Steigerung des thalassogenen Einflusses. Die Sediment- und Makrofossil-Analyse ergaben jedoch, dass der Abschnitt zwischen 50 und 0 cm T. der Phase der marinen Transgression zuzuordnen ist; in ihnen ließen sich ausschließlich die Reste mariner Makrofossilien nachweisen, und dementsprechend wurden sie der Zone H3 zugeordnet (JENSEN schriftl. Mitteilung; BENNIKE et al. 2000).

Diese Diskrepanz wird im Kapitel „Landschaftsentwicklung des Kattegats“ ausführlich diskutiert.

Die holozänen Ablagerungen (H2b-1, H2b-2 und H3?) der Zone 4 stammen aus einer vermutlich eutrophen und alkalischen Paläoumgebung, die überwiegend durch Süßwasser beeinflusst wurde. Die Thanathozönosen bestehen aus einem Gemisch von Arten mit diametralen autökologischen Ansprüchen. Die Diatomeenflora indiziert eine durch eine hohe Sedimentationsrate hervorgerufene Senkung des relativen Wasserspiegels und eine höchstens geringe marine Beeinflussung.



## Bohrkern 572012

Das Kernprofil 572012 stammt aus einer Wassertiefe von 28,1 m. Aus zwei Schichten standen Proben für eine Datierung zur Verfügung. Aus dem Abschnitt zwischen 530 und 520 cm T. konnte für Schalenmaterial von *Cerastoderma edule* ein Alter von  $8745 \pm 75$  Jahren BP ermittelt werden. Ein Gehäuse von *Balanus crenatus* und Schalenmaterial von *Cerastoderma edule* aus dem Abschnitt zwischen 65 und 55 cm Teufe wurden auf ein Alter von  $8120 \pm 55$  Jahren BP datiert. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 10 gegeben. Alle biostratigrafischen Ergebnisse werden in Abbildung A3-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 10:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572012

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-32	schluffiger Ton	5 Y 4/1	25
32-72	schluffiger Ton	5 Y 4/1	40
72-124	toniger Sand	5 Y 3/2	90
124-134	toniger Schluff	5 Y 3/2	130
134-142	feiner Sand	5 Y 3/2	
142-165	toniger Schluff	5 Y 3/2	
165-170	schluffiger Feinsand	5 Y 3/2	170
170-600	Lagen aus Ton, schluffigem Ton und Schluff	5 Y 3/2 und 5 Y 4/1	200-600 (in 50 cm-Abständen)

## Biostratigrafische Ergebnisse

Die überlieferten Diatomeenschalen ermöglichen eine Untergliederung dieses Kernprofils in zwei Zonen.

### Zone 1

Die Zone 1 umfasst den Profilabschnitt zwischen 600 und 32 cm T. In dem gesamten Abschnitt dominieren oligohalobe Arten. Ihr Anteil schwankt zwischen 71 und 83 %. Mesohalobe Taxa treten mit einem Anteil zwischen 8 und 16 % auf. Für die polyhaloben Taxa wird ein Anteil zwischen 4 und 17 % verzeichnet.

Die Thanathozönosen werden von *Cyclotella comensis*, *Fragilaria martyi*, *F. brevistriata* und *Amphora pediculus* geprägt. Daneben treten *Navicula utermoehlii*, *Ach-*

*nanthes minutissima*, Formen von *Fragilaria construens* und *Cocconeis neothumensis* stetig auf.

In der gesamten Zone dominieren benthische Taxa. Ihr Anteil schwankt zwischen 74 und 94 %. Die planktischen Taxa erreichen einen Anteil zwischen 4 und 21 %.

**Tab. 11:** Dominante und häufige Taxa in Zone 1, Bk 572012

Aufgeführt werden Taxa, die Anteile von  $\geq 5$  % erreichten. Es bedeuten oh: oligohalob, b: benthisch, p: planktisch, alkf: alkaliphil, circ: circumneutral, alkb: alkalibiont, tol: tolerant, am-eut:  $\alpha$ -meso-eutraphent, m: moderat, n: niedrig.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	pH	Trophie	KoP
<i>Cyclotella comensis</i>	11-1	oh	p	circ		
<i>Fragilaria martyi</i>	10-4	oh	b	alkf		m
<i>Fragilaria brevistriata</i>	9-3	oh	b	alkf	tol	m
<i>Amphora pediculus</i>	8-3	oh	b	alkf	tol	m
<i>Achnanthes minutissima</i>	8-2	oh	b	circ	tol	n
<i>Fragilaria construens</i> + f.	8-1	oh	b	alkf		m
<i>Navicula utermoehlii</i>	7-0,2	oh	b	alkf	am-eut	
<i>Fragilaria pseudoconstruens</i>	6-1	oh	b			
<i>Cocconeis neothumensis</i>	5-2	oh	b	alkb	am-eut	

Die bedeutendste Artengruppe ist die der alkaliphilen Taxa mit einem Anteil zwischen 35 und 52 %. Der Anteil der als circumneutral eingestuften Taxa liegt zwischen 7 und 16 %, der der alkalibionten Taxa zwischen 6 und 13 %. Maximal 39 % der Taxa sind nicht klassifiziert.

Es treten zwischen 16 und 29 % Trophie-indikative Taxa auf. Der größte Anteil mit 8 bis 18 % ist als  $\alpha$ -meso-eutraphent eingestuft. Eutraphente Taxa erreichen einen Anteil von 3 bis 8 %, oligo- $\alpha$ -mesotraphente zwischen 1 und 5 %. Die Anteile der oligo- $\beta$ -mesotraphenten und oligotraphenten Taxa liegen immer unter 4 %. Mit Werten zwischen 19 und 29 treten hohe Anzahlen an indikativen Arten auf.

Die Artenzahl in den Proben variiert zwischen 89(418) und 110(414). Der Erhaltungsgrad der Schalen ist immer moderat. Eine Anreicherung von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial tritt nicht auf.

## Zone 2

Die Zone 2 erstreckt sich zwischen 32 und 0 cm T. Der Anteil an halobionten Taxa ist in diesem Abschnitt leicht erhöht. Es treten 20 % polyhalobe und 18 % mesohalobe Taxa auf. Zu den halobionten Arten gehören *Paralia sulcata* (4 %), *Fragilaria*

*schulzii* (4 %) und *Hyalodiscus scoticus* (2 %). Die dominierenden oligohaloben Taxa sind *Fragilaria martyi* (6 %), *E. turgida* (6 %), *Epithemia adnata* (5 %) und *Cocconeis neothumensis* (5 %).

Benthische Taxa dominieren mit einem Anteil von 86 %. Die benthisch/planktische Artengruppe erreicht 9 %, die planktische Artengruppe 5 %.

37 % der Taxa sind als alkaliphil klassifiziert. 25 % der Taxa als alkalibiont eingestuft. Der Anteil der als circumneutral eingestuften Taxa liegt bei 2 %. 35 % der Taxa sind nicht klassifiziert.

Insgesamt ist die Summe der Trophie-indikativen Arten in dieser Zone relativ hoch; 33 % der Taxa sind klassifiziert. Die Anzahl an indikativen Taxa liegt bei 21. 18 % der Taxa sind als eutraphent, 13 % als  $\alpha$ -meso-eutraphent klassifiziert. Die Anteile der oligo- $\alpha$ -mesotraphenten, oligo- $\beta$ -mesotraphenten und oligotraphenten Taxa liegen immer unter 2 %.

Insgesamt konnten in der Probe 104(410) Taxa registriert werden. Der Erhaltungsgrad der Schalen ist moderat. Eine signifikante Anreicherung von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial tritt nicht auf, der Anteil ist mit 22 % nur leicht erhöht.

## **Biostratigrafische Auswertung**

### **Zone 1**

Die Ablagerungen der Zone 1 weisen auf eine stark durch Süßwasser beeinflusste Paläoumgebung hin. Oligohalobe Taxa dominieren deutlich im gesamten Abschnitt. Das stete Auftreten polyhalober Arten deutet darauf hin, dass das Gewässer jedoch während des gesamten Ablagerungszeitraums durch Meerwasserintrusionen beeinflusst wurde.

Wechselnde Lagen aus Sand, Schluff und Ton deuten auf Variationen in der Stärke der Wasserbewegung hin, wobei wahrscheinlich insgesamt überwiegend ruhige Sedimentationsbedingungen vorlagen. Im gesamten Abschnitt gibt es keine Hinweise auf Veränderungen in der Höhe des Wasserspiegels. Die überwiegend benthischen Taxa in den Thanathozönosen weisen auf einen eher flachen Gewässerabschnitt als Ursprungsort hin.

In dieser Zone treten Arten im Sediment auf, deren autökologische Ansprüche sich gegenseitig ausschließen; so liegen eu- und oligotraphente, halophobe und polyhalo-

be sowie alkalibionte und acidophile Taxa nebeneinander vor. Außerdem sind in allen Proben hohe Artenzahlen nachweisbar. Die Thanathozönosen bestehen also aus einem Gemisch von Taxa unterschiedlicher Lebensräume und Gewässertypen. Die Authentizität ist dementsprechend trotz eines niedrigen Anteils an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial und des moderaten bis guten Erhaltungsgrads der Schalen gering. In diesem Ablagerungszeitraum trat wahrscheinlich eine hohe Sedimentationsrate auf, sodass die Schalen schnell im Sediment eingebettet wurden. Anhand von Schalenmerkmalen ist es nicht möglich, autochthone von allochthonen Arten zu trennen. Mithilfe ihrer vom Gros der Taxa abweichenden autökologischen Ansprüchen kann jedoch ein Anteil zwischen 24 und 39 % als vermutlich allochthonen Ursprungs angesprochen werden. Dazu gehören die als polyhalob, halophob, acidophil und oligotraphent klassifizierten Taxa.

Der größte Teil der Arten ist als meso- bis eutraphent bzw. alkaliphil und alkalibiont klassifiziert, und da im Paläogewässer vermutlich eine permanente Beeinflussung durch Meerwasserintrusionen vorlag, ist es wahrscheinlich, dass während des Ablagerungszeitraums im Paläogewässer überwiegend eutrophe und alkalische Bedingungen vorlagen.

Die holozänen Ablagerungen (H2b-2) der Zone 1 stammen aus einer vermutlich eutrophen und alkalischen Paläoumgebung, die überwiegend durch den Zustrom von Süßwasser geprägt wurde. Die Thanathozönosen sind aus einem Konglomerat von Arten aus verschiedenen Gewässertypen zusammengesetzt. Mithilfe der  $^{14}\text{C}$ -Datierungen kann der untere Abschnitt dieser Zone auf ein Alter von  $8745 \pm 75$  Jahren BP datiert werden, während für den oberen Abschnitt ein Alter von  $8120 \pm 55$  Jahren BP ermittelt wurde.

## **Zone 2**

In den Ablagerungen der Zone 2 wird deutlich, dass im Vergleich zum Liegenden der Einfluss von Süßwasser im Paläogewässer gesunken ist. Durch den leicht steigenden Anteil an halobionten Taxa wird eine stärkere thalassogene Beeinflussung indiziert. Die Analyse der Florenzusammensetzung zeigt, dass das Ausmaß und die Auswirkung des marinen Einflusses jedoch sehr beschränkt waren. Ausschließlich in der Ähnlichkeitsmatrix (Abb. A3-B) wird deutlich, dass sich das Artgefüge in dieser Zone von dem des Liegenden schwach unterscheidet.

Die Sedimentzusammensetzung aus Ton und Schluff indiziert eine ruhige Sedimentationsumgebung. Obwohl der Anteil der planktischen Artengruppe leicht ansteigt, kann dies nicht als Hinweis auf Veränderungen des Wasserspiegels interpretiert werden. Der Anteil der Planktonorganismen ist vor allem aus halobionten Arten zusammengesetzt. Diese wurden wahrscheinlich eingespült und sind somit allochthonen Ursprungs.

Der moderate Erhaltungsgrad der Schalen und der niedrige Anteil an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial täuschen eine hohe Authentizität vor. Gleichzeitig zeigen die hohen Artenzahlen und das Gemisch von Diatomeentaxa mit diametralen autökologischen Ansprüchen, dass es sich auch in dieser Zone um ein Gemisch aus Taxa von verschiedenen Lebensräumen und Gewässertypen handelt. Die Authentizität ist dementsprechend niedrig. Allochthone und autochthone Schalen sind anhand von Schalenmerkmalen nicht voneinander zu unterscheiden.

Da auch in diesem Abschnitt überwiegend als meso- bis eutraphent sowie als alkaliphil bzw. alkalibiont klassifizierte Arten auftreten und im Paläogewässer eine Beeinflussung durch Meerwasserintrusionen auftrat, ist es wahrscheinlich, dass auch während des Ablagerungszeitraums im Paläogewässer überwiegend eutrophe und alkalische Bedingungen vorlagen.

Für diesen Sedimentabschnitt ergibt sich, ähnlich wie in Bohrkern 572011, ein Widerspruch zwischen den von der Diatomeenflora abgeleiteten ökostratigrafischen Aussagen und den Ergebnissen, die anhand des seismischen Profils und durch die Sediment- und Makrofossilanalyse gewonnen wurden. Anhand der Diatomeenflora ist innerhalb der Zone 2, also zwischen 32 und 0 cm T., nur ein sehr gering ansteigender mariner Einfluss zu belegen. Durch die Analyse der Florenzusammensetzung und der Ähnlichkeitsmatrix ergeben sich für diesen Abschnitt lediglich schwache Hinweise auf Veränderungen im Artgefüge und eine Steigerung des thalassogenen Einflusses. Die Sediment- und Makrofossilanalyse ergeben jedoch, dass die Sedimente der Zone 2 während der Phase einer marinen Transgression deponiert wurden; in ihnen ließen sich ausschließlich die Reste mariner Makrofossilien nachweisen, und dementsprechend wurden sie der Zone H3 zugeordnet (BENNIKE et al. 2000).

Diese Diskrepanz wird im Kapitel „Landschaftsentwicklung des Kattegats“ ausführlich diskutiert.

Die holozänen Ablagerungen (H2c bzw. H3?) der Zone 2 sind in einer Umgebung entstanden, die stärker als Zone 1 durch den Einstrom von Meerwasser beeinflusst wurde. Die Diatomeenflora indiziert alkalische und eutrophe Bedingungen. Auch in dieser Zone bestehen die Thanathozönosen aus einem Gemisch von Arten aus unterschiedlichen Lebensräumen.

## Bohrkern 572013

Das Kernprofil 572013 stammt aus einer Wassertiefe von 28,5 m. Datierungen liegen nicht vor. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 12 gegeben. Alle biostratigrafischen Ergebnisse werden in Abbildung A4-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 12:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572013

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-183	(schluffiger) Ton	5 Y 4/1	10, 50, 100, 150,
183-299	(schluffiger) Ton	5 Y 3/2	200-280 (in 20 cm-Abständen)
299-343	Ton	5 Y 3/2	300-340 (in 20 cm-Abständen)
343-429	mittelfeiner bis grober Sand	N4	360, 400, 420
429-606	schluffiger Ton	5 Y 3/2	440-600 (in 20 cm-Abständen)

## Biostratigrafische Ergebnisse

Anhand der Diatomeenschalen ist eine Unterteilung dieses Kernprofils in drei Zonen möglich.

### Zone 1

Die Zone 1 erstreckt sich zwischen 606 und 429 cm T. Es dominieren oligohalobe Arten, wobei ihr Anteil mit abnehmender Teufe sinkt. Im unteren Abschnitt treten über 80 %, im oberen Abschnitt nur noch 75 % oligohalobe Taxa auf. Die mesohaloben Taxa treten mit einem Anteil zwischen 8 und 13 %, die polyhaloben Taxa mit einem Anteil zwischen 3 und 16 % auf.

Die dominierenden und häufigen Arten sind *Cyclotella comensis*, *Navicula utermoehlii*, *Fragilaria martyi*, *Achnanthes minutissima* und *Fragilaria brevistriata*. Typische Arten aus der Gruppe der Mesohalobien sind *Thalassiosira proschkiniae*, *Actinocyclus normannii*, *Fragilaria schulzii* und *Cocconeis hauniensis*. Aus der Gruppe der Polyhalobien treten *Rhoicosphenia marina*, *Paralia sulcata* und *Nitzschia coarctata* auf. In allen Abschnitten dominieren benthische Arten. Ihr Anteil schwankt zwischen 77 und 91 %. Die benthisch/planktische Artengruppe erreicht einen Anteil zwischen 2 und 7 %, die planktische Artengruppe einen Anteil zwischen 2 und 19 %.

Die als alkaliphil klassifizierten Taxa dominieren mit einem Anteil zwischen 31 und 41 % in dieser Zone. Die zweitgrößte Artengruppe ist die der circumneutralen Taxa mit einem Anteil zwischen 13 und 23 %. Zwischen 6 und 15 % der Taxa sind als alkalibiont eingestuft. Acidophile Taxa treten mit einem maximalen Anteil von 4 % auf. Zwischen 22 und 49 % der Taxa sind nicht eingestuft.

Zwischen 7 und 14 % der Taxa sind als  $\alpha$ -meso-eutraphent klassifiziert, zwischen 2 und 6 % als eutraphent. Oligo- $\alpha$ -mesotraphente Taxa erreichen einen maximalen Anteil von 4 %. Oligo- $\beta$ -mesotraphente und oligotraphente Taxa erzielen einen maximalen Anteil von 2 %. Die Summe der indikativen Arten liegt zwischen 11 und 21 %, ihre Anzahl zwischen 14 und 23.

**Tab. 13:** Dominante und häufige Taxa in Zone 1, Bk 572013

Aufgeführt werden Taxa, die Anteile von  $\geq 5$  % erreichten. Es bedeuten oh: oligohalob, b: benthisch, p: planktisch, alkf: alkaliphil, circ: circumneutral, am-eut:  $\alpha$ -meso-eutraphent, tol: tolerant, m: moderat, n: niedrig.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	pH	Trophie	KoP
<i>Cyclotella comensis</i>	17-1	oh	p	circ		
<i>Navicula utermoehlilii</i>	13-1	oh	b	alkf	am-eut	
<i>Fragilaria martyi</i>	10-3	oh	b	alkf		m
<i>Achnanthes minutissima</i>	10-2	oh	b	circ	tol	n
<i>Fragilaria brevistriata</i>	9-4	oh	b	alkf	tol	m
<i>Fragilaria construens</i> + f.	8-2	oh	b	alkf		m
<i>Amphora pediculus</i>	7-3	oh	b	alkf	tol	m
<i>Cocconeis placentula</i> + var.	7-1	oh	b	alkf	tol	m

Die Artenzahl erreicht Werte zwischen 62(425) und 92(415). Der Erhaltungsgrad der Schalen ist moderat; oft sind die Schalen zerbrochen. Eine Anhäufung von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial lässt sich nicht belegen.

## Zone 2

Die Zone 2 erstreckt sich zwischen 429 und 183 cm T. Die oligohalobe Artengruppe erreicht einen Anteil zwischen 54 und 80 %. Mesohalobe Taxa erreichen zwischen 7 und 37 %, polyhalobe Taxa zwischen 6 und 20 %.

In der Verteilung der Taxa nach ihren Salinitätspräferenzen ist auch hier eine einheitliche Tendenz feststellbar: Der Anteil oligohalober Taxa sinkt mit abnehmender Tiefe. Im unteren Abschnitt treten 80 %, im oberen Abschnitt nur noch 54 % oligohalobe Arten auf.



Die dominierenden Arten sind *Thalassiosira proschkiniae*, *Achnanthes minutissima*, *Amphora pediculus* und Varietäten von *Cocconeis placentula*.

In allen Abschnitten dominieren benthische Arten. Ihr Anteil schwankt zwischen 52 und 97 %. Der Maximalanteil von 97 % wird in der Probe aus 400 cm T. verzeichnet. Die niedrigsten Werte von nur 52 bzw. 62 % werden in den Proben aus 340 und 320 cm T. erreicht. Der Anteil der planktischen Taxa schwankt in der gesamten Zone zwischen 2 und 17 %.

**Tab. 14:** Dominante und häufige Taxa in Zone 2, Bk 572013

Aufgeführt werden Taxa, die Anteile von  $\geq 5$  % erreichten. Es bedeuten oh: oligohalob, mh: mesohalob, b: benthisch, p: planktisch, alkf: alkaliphil, circ: circumneutral, alkb: alkalibiont, tol: tolerant, am-eut:  $\alpha$ -meso-eutraphent, ol-amt: oligo- $\alpha$ -mesotraphent, n: niedrig, m: moderat.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	pH	Trophie	KoP
<i>Thalassiosira proschkiniae</i>	30-0	mh	bp			
<i>Achnanthes minutissima</i>	17-0	oh	b	circ	tol	n
<i>Amphora pediculus</i>	13-5	oh	b	alkf	tol	m
<i>Cocconeis placentula</i> + var.	12-1	oh	b	alkf	tol	m
<i>Amphora thumensis</i>	11-0	oh	b	alkb	ol-amt	
<i>Cyclotella comensis</i>	10-1	oh	p	circ		
<i>Cocconeis hauniensis</i>	10-0,2	mh	b			
<i>Fragilaria martyi</i>	8-2	oh	b	alkf		m
<i>Fragilaria construens</i> + f.	8-1	oh	b	alkf		m
<i>Thalassiosira levanderi</i>	8-0	mh	p			
<i>Fragilaria brevistriata</i>	7-3	oh	b	alkf	tol	m
<i>Cocconeis neothumensis</i>	5-0,5	oh	b	alkb	am-eut	

Die bedeutendste Artengruppe ist die der alkaliphilen Taxa mit einem Anteil zwischen 26 und 49 %. Der Anteil der als alkalibiont eingestuften Taxa liegt zwischen 8 und 21 %, der der circumneutralen Taxa zwischen 4 und 25 %. Zwischen 11 und 39 % der Taxa sind nicht eingestuft.

Es treten zwischen 12 und 22 % Trophie-indikative Taxa auf. Der größte Anteil mit 5 bis 16 % ist als  $\alpha$ -meso-eutraphent eingestuft. Eutraphente Taxa erreichen 3 bis 7 %. Der Anteil der oligo- $\alpha$ -mesotraphenten, oligo- $\beta$ -mesotraphenten und oligotraphenten Taxa liegt immer unter 2 %. Eine Ausnahme bildet die Probe aus 340 cm T. Hier wird ein Anteil von 11 % an oligo- $\alpha$ -mesotraphenten Arten verzeichnet; *Amphora thumensis* tritt hier individuenreich auf. Mit Werten zwischen 11 bis 21 tritt eine hohe Anzahl an indikativen Arten auf.

Die Artenzahl nimmt Werte zwischen 67(435) und 97(396) an. Auch hier lässt sich eine Tendenz feststellen: Die Anzahl der Taxa nimmt mit abnehmender Teufe zu. Der Erhaltungsgrad der Schalen ist moderat. Eine Anhäufung von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial lässt sich nicht beobachten.

### **Zone 3**

In Zone 3, zwischen 183 und 0 cm T., lassen sich keine Mikrofossilien feststellen.

## **Biostratigrafische Auswertung**

### **Zone 1**

Die Ablagerungen der Zone 1 indizieren eine stark durch Süßwasser beeinflusste Paläoumgebung. Oligohalobe Taxa dominieren deutlich im gesamten Abschnitt. Das stete Auftreten halobionter Arten weist darauf hin, dass das Gewässer jedoch während des gesamten Ablagerungszeitraums durch Meerwasserintrusionen beeinflusst wurde. Stellenweise, z. B. in 340 cm T., lässt sich eine deutlich Anreicherung halobionter Planktonformen beobachten (Abb. A4-A), die wahrscheinlich auf eine kurzfristige Steigerung des thalassogenen Einflusses zurückzuführen ist.

Im gesamten Abschnitt ist das Sediment aus schluffigem Ton zusammengesetzt, was auf eine ruhige Sedimentationsumgebung hindeutet. Es gibt keine Hinweise auf Veränderungen in der Höhe des Wasserspiegels. Die überwiegend benthischen Taxa in den Thanathozönosen weisen auf einen eher flachen Gewässerabschnitt als Ursprungsort hin.

In dieser Zone treten Arten auf, die sich in ihren autökologischen Ansprüchen erheblich voneinander unterscheiden. Neben eutraphenten Arten kommen oligotraphente, neben halophoben polyhalobe und neben alkalibionten acidophile Taxa vor. Zudem sind in allen Proben hohe Artenzahlen nachweisbar. Die Thanathozönosen bestehen also aus einem Gemisch von Arten unterschiedlicher Lebensräume, und die Authentizität ist trotz des moderaten bis guten Erhaltungsgrads der Schalen und des niedrigen Anteils an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial gering. Aufgrund einer hohen Sedimentationsrate wurden alle eingespülten Schalen schnell im Sediment eingebettet und dadurch den Lösungsprozessen entzogen. Insgesamt ist wahrscheinlich ein Anteil zwischen 22 und 41 % allochthonen Ursprungs. Dazu gehören die als polyhalob, halophob, acidophil und oligotraphent klassifizierten Taxa.

Da der größte Teil der Taxa als meso- bzw. eutraphent und alkaliphil bzw. alkalibiont klassifiziert ist und da vermutlich eine permanente Beeinflussung durch Meerwasserintrusionen auftrat, lagen im Paläogewässer vermutlich während des gesamten Ablagerungszeitraums eutrophe und alkalische Bedingungen vor.

Die Ablagerungen der Zone 1 stammen aus einer wahrscheinlich eutrophen und alkalischen Paläoumgebung, die überwiegend durch Süßwasser beeinflusst und im Holozän (H2b) deponiert wurde. Die Thanathozönosen sind aus einem Konglomerat von Arten aus verschiedenen Lebensräumen und Gewässertypen zusammengesetzt.

## **Zone 2**

In den Ablagerungen der Zone 2 wird deutlich, dass sich im Ablagerungszeitraum der thalassogene Einfluss kontinuierlich steigerte. Die halobionten Arten erreichen, im Vergleich zum Liegenden, höhere Anteile. Die Analyse der Florenzusammensetzung zeigt jedoch, dass das Ausmaß und die Auswirkungen des marinen Einflusses zunächst begrenzt war (Abb. A4-B). Zugleich deuten die starken Schwankungen, die in dem Anteil der halobionten Artengruppe auftreten, darauf hin, dass auch in dieser Periode der Einstrom von Salzwasser keineswegs kontinuierlich sondern weiterhin überwiegend sporadisch erfolgte. Kurzfristig ist vermutlich auch die Beeinflussung durch Süßwasser im Paläogewässer wieder angestiegen. In 340 cm T. deutet eine Anreicherung des oligo- $\alpha$ -mesotraphenten Taxons *Amphora thumensis* an, dass sich vorübergehend der Zustrom eines Gewässers mit geringerem TP-Gehalt erhöhte. Im unteren Abschnitt dieser Zone ist das Sediment aus mittelfeinem bis grobem Sand zusammengesetzt. Der obere Abschnitt besteht größtenteils aus Ton. Das weist auf große Unterschiede in den Wasserbewegungen im Sedimentationszeitraum hin; während der obere Abschnitt vermutlich in einer unruhigen Sedimentationsumgebung mit höheren Strömungsgeschwindigkeiten deponiert wurde, wurde der obere Abschnitt unter ruhigen Bedingungen abgelagert. Hinweise auf Veränderungen des Wasserspiegels liegen nicht vor.

Auch in dieser Zone ist der Erhaltungsgrad der Schalen moderat, und es liegt ein niedriger Anteil an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial vor. Trotzdem deuten die hohen Artenzahlen und das Gemisch von Diatomeentaxa mit diametralen autökologischen Ansprüchen darauf hin, dass es sich auch in dieser Zone um ein Gemisch aus Taxa von verschiedenen Standorten und Lebensräumen handelt und

die Authentizität folglich gering ist. Insgesamt kann ein Anteil zwischen 24 und 38 % als allochthon angesprochen werden. Dazu gehören die als polyhalob, halophob, acidophil und oligotraphent klassifizierten Taxa.

Da auch in diesem Abschnitt der überwiegende Teil der Taxa als meso- bzw. eutraphent sowie als alkaliphil bzw. alkalibiont klassifiziert ist und im Paläogewässer eine Beeinflussung durch Meerwasserintrusionen auftrat, ist dieser Sedimentabschnitt wahrscheinlich unter eutrophen und alkalischen Bedingungen deponiert worden.

Die Ablagerungen der Zone 2 sind im Holozän (H2c) in einer überwiegend durch Süßwasser beeinflussten Umgebung entstanden, in der der Einstrom von Meerwasser jedoch stärker als in den älteren Abschnitten war. Die Diatomeenflora indiziert alkalische und eutrophe Bedingungen. Auch in dieser Zone bestehen die Thanathozönosen aus einem Gemisch von Arten aus unterschiedlichen Lebensräumen.

### **Zone 3**

In den holozänen Ablagerungen (H3) der Zone 3 konnten keine Diatomeenschalen beobachtet werden, demzufolge sind hier keine ökostratigrafischen Aussagen möglich. Das gehäufte Auftreten von Schalen mariner Mollusken deutet auf eine Paläoumgebung mit hohem Salzgehalt hin.

## Bohrkern 572015

Das Kernprofil 572015 stammt aus einer Wassertiefe von 25,6 m. Datierungen liegen nicht vor. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 15 gegeben. Alle biostratigrafischen Ergebnisse werden in Abbildung A5-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 15:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572015

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-362	schluffiger Ton	5 Y 4/1	20-360 (in 20 cm-Abständen)
362-472	Ton	5 Y 3/2	380-460 (in 20 cm-Abständen)
472-600	schluffiger Ton	5 Y 4/1	480-600 (in 20 cm-Abständen)

## Biostratigrafische Ergebnisse

Anhand der Diatomeenspektren der einzelnen Schichten kann dieses Kernprofil in drei Zonen untergliedert werden.

### Zone 1

Die Zone 1 erstreckt sich zwischen 600 und 472 cm T. Es dominieren oligohalobe Taxa mit einem Anteil zwischen 72 und 79 %. Der Anteil der mesohaloben Taxa liegt zwischen 7 und 15 %, der der polyhaloben Arten zwischen 7 und 12 %.

**Tab. 16:** Dominante und häufige Taxa in Zone 1, Bk 572015

Aufgeführt werden Taxa, die Anteile von  $\geq 5$  % erreichten. Es bedeuten oh: oligohalob, b: benthisch, p: planktisch, alkf: alkaliphil, circ: circumneutral, tol: tolerant, am-eut:  $\alpha$ -meso-eutraphent, m: moderat.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	pH	Trophie	KoP
<i>Fragilaria brevistriata</i>	15-5	oh	b	alkf	tol	m
<i>Fragilaria martyi</i>	12-8	oh	b	alkf		m
<i>Amphora pediculus</i>	10-5	oh	b	alkf	tol	m
<i>Fragilaria construens</i> + f.	9-1	oh	b	alkf		m
<i>Cyclotella comensis</i>	8-0,2	oh	p	circ		
<i>Navicula utermoeihii</i>	7-1	oh	b	alkf	am-eut	
<i>Cocconeis placentula</i> + var.	5-1	oh	b	alkf	tol	m

Die Mehrzahl der hier auftretenden Taxa lebt benthisch (85 bis 93 %). Die Anzahl der planktischen Arten schwankt diskontinuierlich zwischen 3 und 13 %. Die benthisch/planktische Artengruppe ist mit maximal 6 % vertreten.

Die Thanathozönosen werden von *Fragilaria martyi*, *F. brevistriata* und *Amphora pediculus* dominiert. Daneben treten *Navicula utermoehlii*, Formen von *Fragilaria construens* sowie *Cyclotella comensis* regelmäßig auf.

Zwischen 47 und 59 % der Taxa sind als alkaliphil klassifiziert. Es treten 3 bis 17 % circumneutrale, 7 bis 12 % alkalibionte und 2 bis 4 % acidophile Taxa auf. Maximal 31 % der Taxa sind nicht eingestuft.

18 bis 25 % der Taxa sind Trophie-indikativ, ihre Anzahl liegt zwischen 19 und 29.

Zwischen 9 und 15 % der Taxa sind als  $\alpha$ -meso-eutraphent, 4 bis 7 % als eutraphent klassifiziert. Es treten 1 bis 5 % oligo- $\alpha$ -mesotraphente Taxa auf. Die Anteile der oligo- $\beta$ -mesotraphenten und oligotraphenten Arten liegen immer unter 3 %.

Insgesamt konnten zwischen 94(448) und 108(441) Taxa in jeder Probe identifiziert werden. Der Erhaltungsgrad der Schalen ist moderat. Ein gehäuftes Auftreten von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial wurde nicht beobachtet.

## **Zone 2**

Die Zone 2 erstreckt sich zwischen 472 und 30 cm T. Der Anteil oligohalober Taxa ist im Vergleich zum Liegenden stark verringert. Er schwankt zwischen 29 und 50 %.

Die Anteile der mesohaloben und polyhaloben Arten sind deutlich gestiegen und schwanken zwischen 18 und 36 % bzw. zwischen 17 und 47 %.

In diesem Kernabschnitt dominieren benthische Taxa mit 51 bis 80 %. Allerdings ist der Anteil der planktischen Arten durchschnittlich höher als in Zone 1 und schwankt diskontinuierlich zwischen 4 und 18 %. Deutlich höher ist auch der Anteil an Arten der benthisch/planktischen Gruppe. Er bewegt sich zwischen 14 und 41 %.

Dominante Taxa sind *Paralia sulcata*, *Thalassiosira proschkiniae* und *Delphineis minutissima*. Gleichzeitig treten *Cocconeis neothumensis*, *Actinocyclus normannii* und *Cymatosira belgica* häufig auf.

Die Artengruppe der alkaliphilen Taxa erreicht einen Anteil zwischen 17 und 43 %. Zwischen 8 und 24 % der Taxa sind als alkalibiont klassifiziert. Der Anteil der als circumneutral eingestuften Taxa schwankt zwischen 1 und 10 %, während die als acidophil klassifizierten Taxa maximal 1 % erreichen. Zwischen 38 und 68 % sind nicht eingestuft.

3 bis 16 % der Taxa sind als  $\alpha$ -meso-eutraphent klassifiziert, eutraphente Taxa treten mit einem Anteil zwischen 4 und 8 % auf. Die Anteile der oligo- $\alpha$ -mesotraphenten und oligo- $\beta$ -mesotraphenten Taxa liegen immer unter 3 %. Oligotraphente Taxa treten nur in einer Probe mit einem Anteil unter 0,5 % auf. Zwischen 10 und 23 % der Taxa sind klassifiziert. Die Anzahl an indikativen Arten liegt zwischen 15 und 28.

**Tab. 17:** Dominante und häufige Taxa in Zone 2, Bk 572015

Aufgeführt werden Taxa, die Anteile von  $\geq 5$  % erreichten. Es bedeuten oh: oligohalob, mh: mesohalob, ph: polyhalob, b: benthisch, p: planktisch, alkf: alkaliphil, circ: circumneutral, alkb: alkalibiont, tol: tolerant, am-eut:  $\alpha$ -meso-eutraphent, h: hoch, m: moderat.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	pH	Trophie	KoP
<i>Paralia sulcata</i>	27-4	ph	bp			h
<i>Thalassiosira proschkiniae</i>	18-0	mh	bp			
<i>Delphineis minutissima</i>	14-1	ph	b			m
<i>Cocconeis neothumensis</i>	11-0	oh	b	alkb	am-eut	
<i>Actinocyclus normannii</i>	11-0	mh	bp	alkf		h
<i>Cymatosira belgica</i>	9-0	ph	b			m
<i>Fragilaria schulzii</i>	7-2	mh	b	alkb		m
<i>Fragilaria martyi</i>	7-1	oh	b	alkf		m
<i>Cocconeis placentula</i> + var.	6-0,6	oh	b	alkf	tol	m
<i>Fragilaria brevistriata</i>	6-0,2	oh	b	alkf	tol	m
<i>Cyclotella comensis</i>	6-0,2	oh	p	circ		
<i>Amphora pediculus</i>	5-1	oh	b	alkf	tol	m
<i>Thalassiosira oestrupii</i>	5-0	mh	p			m

Die Anzahl der identifizierten Arten schwankt zwischen 81(446) und 114(467). Der Erhaltungsgrad der Schalen ist moderat. Im Gegensatz zu den Gegebenheiten in Zone 1 tritt ein deutlich höherer Anteil an Arten mit stark verkieselten Schalen auf; es wird ein Anteil zwischen 6 und 32 % erreicht.

### Zone 3

Die Thanathozönose der Zone 3 (30 bis 0 cm T.) wird von polyhaloben Arten (86 %) geprägt. Es treten nur 3 % mesohalobe und 9 % oligohalobe Taxa auf. Mit *Paralia sulcata* (63 %) dominiert eine Art aus der benthisch/planktischen Gruppe. Daneben treten u. a. *Actinoptychus senarius* (7 %), *Opephora pacifica* (4 %) und *Podosira stelliger* (3 %) auf.

Benthische Taxa sind mit 21 % vertreten. Die benthisch/planktische Artengruppe erreicht einen Anteil von 75 %.

Eine Berechnung des pH-Wertes und des Trophie-Status war aufgrund der niedrigen Anteile und Anzahlen an indikativen Taxa nicht möglich.

Insgesamt konnten nur 34(405) Taxa beobachtet werden. Der Erhaltungsgrad der Schalen ist schlecht. Ein hoher Anteil (72 %) wird von Taxa gestellt, deren Schalen ein hohes Konservierungspotenzial besitzen.

## **Biostratigrafische Auswertung**

### **Zone 1**

Die Ablagerungen der Zone 1 weisen auf eine stark durch Süßwasser beeinflusste Paläoumgebung hin. Oligohalobe Taxa dominieren deutlich im gesamten Abschnitt. Gleichzeitig deutet das stete Auftreten polyhalober Taxa an, dass das Gewässer während des gesamten Ablagerungszeitraums durch Meerwasserintrusionen beeinflusst wurde.

Die Sedimentzusammensetzung aus schluffigem Ton und der durchgängig hohe Anteil an planktischen Taxa indizieren eine überwiegend ruhige Paläoumgebung. Die Sedimente sind in einem flachen Gewässerabschnitt deponiert worden. Hinweise auf Veränderungen in der Höhe des Wasserspiegels sind nicht zu beobachten.

In dieser Zone treten Arten im Sediment auf, deren autökologische Ansprüche sich gegenseitig ausschließen, so liegen eu- und oligotraphente, halophobe und polyhalobe sowie alkalibionte und acidophile Taxa nebeneinander vor. Außerdem sind in allen Proben hohe Artenzahlen nachweisbar. Innerhalb der Thanathozönosen tritt also ein Gemisch aus Arten unterschiedlicher Standorte und Lebensräume auf. Trotz eines niedrigen Anteils an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial und des moderaten bis guten Erhaltungsgrads der Schalen ist die Authentizität also niedrig. Wahrscheinlich war im Ablagerungszeitraum die Sedimentationsrate sehr hoch, so dass sowohl die autochthonen als auch die allochthonen Schalen schnell im Sediment eingebettet wurden und dadurch den Lösungsprozessen entzogen waren. Allochthone und autochthone Schalen sind anhand von Schalenmerkmalen nicht voneinander zu unterscheiden. Mithilfe ihrer vom Gros der Taxa abweichenden autökologischen Ansprüche kann jedoch ein Anteil zwischen 20 und 33 % als vermutlich allochthonen Ursprungs angesprochen werden. Die als polyhalob, halophob, acidophil oder oligotraphent klassifizierten Taxa wurden zu diesem Zweck in einer Gruppe zusammengefasst.



Da der überwiegende Teil der Taxa als meso- bis eutraphent sowie alkaliphil bzw. alkalibiont klassifiziert ist und im Paläogewässer vermutlich eine permanente Beeinflussung durch Meerwasserintrusionen vorlag, ist es wahrscheinlich, dass während des Ablagerungszeitraums im Paläogewässer überwiegend eutrophe und alkalische Bedingungen vorlagen.

Die holozänen Ablagerungen (H2b) der Zone 1 stammen aus einer vermutlich eutrophen und alkalischen Paläoumgebung. Sie wurde überwiegend durch die Zufuhr von Süßwasser geprägt, Meerwassereinbrüche erfolgten jedoch wahrscheinlich regelmäßig. Die Thanathozönosen sind aus einem Konglomerat von Arten aus verschiedenen Lebensräumen zusammengesetzt.

## **Zone 2**

Die Ablagerungen der Zone 2 sind in einer Paläoumgebung entstanden, die im Vergleich zum Liegenden deutlich stärker durch Meerwasserintrusionen beeinflusst wurde. Der verstärkte marine Einfluss wird an der Artenzusammensetzung deutlich. Der Anteil der oligohaloben Arten sinkt deutlich ab, während der der halobionten Taxa ansteigt.

Die Sedimentzusammensetzung aus Ton und schluffigem Ton und die hohen Anteile der planktischen und der benthisch/planktischen Artengruppe indizieren, dass die Sedimentationsumgebung auch weiterhin weitgehend ruhig war. Signifikante Hinweise auf Veränderungen in der Höhe des Wasserspiegels liegen nicht vor.

Die Authentizität ist trotz eines niedrigen Anteils an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial und des moderaten bis guten Erhaltungsgrads der Schalen gering, da ein Gemisch von Diatomeentaxa mit diametralen autökologischen Ansprüchen vorliegt. Allochthone und autochthone Schalen sind innerhalb der Proben nicht voneinander zu unterscheiden. Mithilfe ihrer vom Gros der Taxa abweichenden autökologischen Ansprüche kann jedoch ein Anteil zwischen 24 und 51 % als vermutlich allochthonen Ursprungs angesprochen werden, wobei der überwiegende Teil davon als polyhalob klassifiziert ist. Des Weiteren wurden halophobe, acidophile und oligotraphente Taxa in diese Gruppe eingeordnet.

Da auch in diesem Abschnitt überwiegend als meso- bis eutraphent sowie als alkaliphil bzw. alkalibiont klassifizierte Taxa zu beobachten waren und im Paläogewässer eine deutliche Beeinflussung durch Meerwasserintrusionen auftrat, ist es wahr-

scheinlich, dass während des Ablagerungszeitraums im Paläogewässer eutrophe und alkalische Bedingungen vorlagen.

Die Ablagerungen der Zone 2 sind im Holozän (H2c) in einer Süßwasser-Umgebung entstanden, die jedoch kontinuierlich durch den Einstrom von Meerwasser beeinflusst wurde. Die Isolierung des Untersuchungsgebiets von Gewässerabschnitten mit hohem Salzgehalt war in dieser Periode deutlich weniger intensiv. Die Diatomeenflora indiziert alkalische und eutrophe Bedingungen. Auch in dieser Zone bestehen die Thanathozönosen aus einem Gemisch von Arten aus unterschiedlichen Lebensräumen.

### **Zone 3**

Die Sedimente der Zone 3 sind in einer marinen Umgebung entstanden. Die Diatomeenflora ist aus überwiegend halobionten Taxa zusammengesetzt. Der geringe Anteil an oligohaloben Arten wurde vermutlich aus älteren Abschnitten untergemischt. Die Authentizität der Thanathozönose ist wahrscheinlich sehr gering, da die Artenzahl sehr niedrig ist, die Schalen schlecht erhalten sind und ein großer Teil der Schalen ein hohes Konservierungspotenzial besitzt. Außerdem wird die Thanathozönose deutlich von *Paralia sulcata* dominiert. Die Anreicherung dieses Taxons stellt ein typisches Merkmal für niedrige Authentizität dar (DENYS 1989; VOS & DE WOLF 1993b; DENYS & DE WOLF 1999).

Die Sedimente der Zone 3 sind im Holozän (H3) unter marinen Bedingungen abgelagert worden. Die im Liegenden beobachtete Isolierung zwischen dem Untersuchungsgebiet und dem Paläokattegat war demzufolge im Ablagerungszeitraum vollständig aufgehoben.

## Bohrkern 572014

Das Kernprofil 572014 stammt aus einer Wassertiefe von 24,4 m. Datierungen liegen nicht vor. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 18 gegeben. Alle biostratigrafischen Ergebnisse werden in Abbildung A6-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 18:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572014

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-216	feiner Sand	5 Y 4/1	15, 50, 100, 150, 200
216-285	feiner Sand	N5	
285-293	sandiger Schluff	5 GY 4/1	
293-511	grober Sand	N4	300, 400
511-520	Ton	5 Y 3/2	
520-550	Lagen aus tonigem Schluff und Sand	5 Y 3/2	550
550-580	feiner bis mittelfeiner Sand	5 Y 4/1	
580-585	Molluskenschalen		
585-600	feiner, sandiger Schluff → feiner Sand	5 GY 4/1	590

## Biostratigrafische Ergebnisse

Nur in den Proben 1 bis 4 aus dem unteren Abschnitt dieses Kernprofils konnten Diatomeenschalen bzw. andere fossile Mikroorganismen nachgewiesen werden.

### Probe 1

In der Probe aus 590 cm T. konnten 31(409) Taxa identifiziert werden. Der Erhaltungsggrad der Schalen ist schlecht. 45 % der Schalen besitzen ein hohes und 30 % ein moderates Konservierungspotenzial.

Der überwiegende Teil der Taxa gehört der Gruppe der Polyhalobien (64 %) an. Mesohalobe Taxa erreichen einen Anteil von 33 %, oligohalobe Taxa erreichen 3 %.

Das quantitativ bedeutendste Taxon ist *Paralia sulcata* (41 %). Begleitet wird es von *Rhopalodia musculus*, *Hyalodiscus scoticus* und *Catenula adhaerens*. Diese drei Taxa stellen zusammen einen Anteil von 31 %.

58 % der Taxa leben benthisch. 42 % gehören in die benthisch/planktische Gruppe.

**Probe 2**

In der Probe aus 550 cm T. konnten 86(416) Taxa identifiziert werden. Der Erhaltungsgrad der Schalen ist moderat. Nur 20 % der Schalen besitzen ein hohes, 58 % ein moderates Konservierungspotenzial.

50 % der auftretenden Taxa sind als oligohalob eingestuft. Die dominanten Arten sind *Fragilaria martyi* (10 %), *F. brevistriata* (8 %) und *Amphora pediculus* (4 %). Mäßig individuenreich ist die Gruppe der Polyhalobien vertreten (31 %). Nur drei Taxa – *Paralia sulcata* (8 %), *Catenula adhaerens* (6 %) und *Ehrenbergia granulosa* (3 %) – erreichen Anteile über 3 %. Der restliche Anteil (18 %) setzt sich aus mesohaloben Taxa zusammen. Für *Fragilaria schulzii* wurde ein Anteil von 4 % verzeichnet. 89 % der Taxa leben benthisch, 10 % gehören in die benthisch/planktische Gruppe.

**Probe 3**

Die Probe aus 400 cm T. enthält keine Diatomeenschalen. Vor der Aufbereitung der Proben konnten jedoch Zellwandreste von *Pediastrum boryanum* (Hydrodictyaceae) identifiziert werden (siehe Kap. Weitere Mikrofossilien).

**Probe 4**

In der Probe aus 300 cm T. konnten 21(405) Diatomeentaxa nachgewiesen werden. Der Erhaltungsgrad der Schalen ist schlecht. 85 % der Schalen besitzen ein hohes und 14 % ein moderates Konservierungspotenzial.

Der überwiegende Teil der auftretenden Arten gehört in die Gruppe der Polyhalobien (96 %). Der restliche Anteil setzt sich aus 3 % mesohaloben und 1 % oligohaloben Taxa zusammen. Das dominierende Taxon ist *Paralia sulcata* (76 %). Begleitet wird es von *Opephora pacifica*, *Podosira stelliger* und *Ehrenbergia granulosa*, die zusammen einen Anteil von 13 % erreichen.

22 % der Taxa leben benthisch, 77 % gehören in die benthisch/planktische Gruppe.

**Proben 5 bis 9**

In dem obersten Abschnitt des Kernprofils, zwischen 216 und 0 cm T., sind weder Diatomeenschalen noch andere Mikrofossilien überliefert.

## Biostratigrafische Auswertung

### Probe 1

Die Sedimente der Probe 1 sind in einer marinen Umgebung entstanden. Die Diatomeenflora ist überwiegend aus halobionten Taxa zusammengesetzt. Der geringe Anteil an oligohaloben Arten wurde vermutlich vom umliegenden Festland eingespült. Das Artgefüge deutet außerdem auf eine Flachwasserzone als Ursprungsort des autochthonen Teils der Thanathozönose hin.

Die Überlieferung der Ausgangspopulation ist deutlich durch selektive Auflösung beeinflusst, die Authentizität ist gering. Ein erheblicher Anteil der Schalen besitzt ein hohes Konservierungspotenzial und die Artenzahl ist niedrig. Außerdem wird die Thanathozönose stark von einem Taxon, *Paralia sulcata*, dominiert, das aufgrund des hohen Konservierungspotenzials seiner Schalen häufig als Anzeiger für eine niedrige Authentizität betrachtet wird (DENYS 1989; VOS & DE WOLF 1993b; DENYS & DE WOLF 1999).

Die Ablagerungen der Probe 1 sind im Holozän (H1) in einem flachen Meeresabschnitt deponiert worden.

### Probe 2

Die Thanathozönose in den Ablagerungen der Probe 2 indiziert eine zunehmende Beeinflussung des ursprünglich rein marinen Paläogewässers durch den Zulauf von Süßwasser. Der Anteil der oligohaloben Arten ist im Vergleich zum Liegenden deutlich gestiegen. Gleichzeitig weist die Sedimentzusammensetzung aus Schluff und Ton auf eine ruhige Sedimentationsumgebung hin. Hinweise auf Veränderungen des Wasserspiegels liegen nicht vor.

Ebenso wie bei der Analyse der Salinitätsansprüche fällt auch bei der Begutachtung der pH-Präferenzen auf, dass in den Thanathozönosen ein Gemisch von Arten auftritt, deren autökologische Ansprüche sich gegenseitig ausschließen. So treten neben den dominierenden alkaliphilen und alkalibionten Taxa nicht nur circumneutrale sondern auch acidophile Taxa auf. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei dem Versuch, mithilfe des Trophie-Index nach HOFMANN (1994) den trophischen Status zu rekonstruieren. Die trophischen Einstufungen der Taxa sind breit gefächert; sowohl eutraphente als auch oligotraphente Arten sind beobachtbar. Das zeigt deutlich, dass die Taxa, deren Schalen gemeinsam in dieser Zone überliefert wurden, nicht nur von ei-

nem Standort bzw. von einer einzigen Lebensgemeinschaft stammen, sondern dass es sich um ein vielfältiges Gemisch von Arten aus sehr unterschiedlichen Lebensräumen und Standorten handelt. Ein weiteres Indiz dafür sind die hohen Artenzahlen. Die Authentizität ist dementsprechend trotz des guten Erhaltungsgrads der Schalen niedrig. Es ist nicht möglich, autochthone von allochthonen Arten zu trennen. Die Ablagerungen der Probe 2 sind im Holozän (H2a) deponiert worden. Das Artgefüge indiziert eine gestiegene Beeinflussung des ursprünglich marinen Paläogewässers durch den Einstrom von Süßwasser. Die Thanathozönosen sind aus einem Gemisch von Arten aus verschiedenen Lebensräumen und Gewässertypen zusammengesetzt.

#### **Probe 4**

Die Sedimente der Probe 4 sind in einer marinen Umgebung entstanden. Die Diatomeenflora ist aus überwiegend halobionten Taxa zusammengesetzt. Der geringe Anteil an oligohaloben Arten wurde wahrscheinlich eingespült. Hinweise auf Veränderungen des Wasserspiegels liegen nicht vor.

Die Überlieferung der Ausgangspopulation ist deutlich durch selektive Auflösung beeinflusst, die Authentizität ist gering. Ein erheblicher Anteil der Schalen besitzt ein hohes Konservierungspotenzial und die Artenzahl ist extrem niedrig. Außerdem wird die Thanathozönose stark von einem Taxon, *Paralia sulcata*, dominiert, das aufgrund des hohen Konservierungspotenzials als Anzeiger für niedrige Authentizität betrachtet wird (DENYS 1989; VOS & DE WOLF 1993b; DENYS & DE WOLF 1999).

Die Ablagerungen der Probe 4 sind im Holozän (H2c) in einem vermutlich flachen Meeresabschnitt deponiert worden.

#### **Proben 5 bis 9**

In den holozänen Ablagerungen (H3) des oberen Kernabschnitts konnten keine Diatomeenschalen beobachtet werden. Demzufolge sind keine ökostratigrafischen Aussagen möglich. Anhand der Mollusken- und Foraminiferen-Besiedlung konnte eine marine Umwelt mit großer Wassertiefe als Sedimentationsumgebung rekonstruiert werden (BENNIKE et al. 2000).

## Bohrkern 572023

Das Kernprofil 572023 stammt aus einer Wassertiefe von 33,8 m. Schalenmaterial von *Mytilus edulis* aus einer Teufe von 570 bis 560 cm wurde auf ein Alter von  $8390 \pm 75$  Jahren BP datiert. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 19 gegeben. Alle biostratigrafischen Ergebnisse werden in Abbildung A7-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 19:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572023

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-223	Ton	5 Y 4/1	20, 50, 100, 150, 200, 220
223-483	Ton	5 Y 3/2	240-480 (in 20 cm-Abständen)
483-555	Ton	5 Y 3/2	500-540 (in 20 cm-Abständen)
555-600	Restsediment		

## Biostratigrafische Ergebnisse

Die überlieferten Diatomeenschalen ermöglichen eine Gliederung dieses Kernprofils in drei Zonen (zur Verbreitung der *Chaetoceros*-Sporen siehe Kapitel „Weitere Mikrofossilien“).

### Zone 1

Die Ablagerungen der Zone 1 in 600 bis 555 cm T. bestehen aus Geschiebemergel, aus dem sämtliche feinkörnigen Bestandteile ausgewaschen wurden. Aus diesem Grund wurde auf die Probenentnahme verzichtet.

### Zone 2

In Zone 2, zwischen 555 und 223 cm T., sind Diatomeenschalen überliefert.

Polyhalobe Arten stellen die quantitativ bedeutendste Artengruppe dar. Es wird ein Anteil zwischen 76 und 89 % erreicht. Die Gruppe der mesohaloben Taxa ist mit einem Anteil zwischen 8 und 16 % vertreten. Der Anteil der oligohaloben Taxa überschreitet nie 6 %.

Die Verbreitung von *Paralia sulcata* ist durch hohe Stetigkeit und Individuendichte gekennzeichnet. Dieses polyhalobe euryhaline Taxon erreicht einen Anteil, der zwi-

schen 25 und 67 % liegt. Zur Begleitflora gehören *Delphineis minutissima*, *Cymatosira belgica* und *Grammatophora oceanica*.

Die Anteile der Artengruppen unterschiedlicher Lebensform schwanken stark. Der Anteil der benthischen Taxa variiert zwischen 39 und 62 %, der der benthisch/planktischen Artengruppe zwischen 29 und 68 %. Planktische Taxa erreichen 1 bis 15 %. Den höchsten Anteil mit Werten zwischen 11 bis 15 % erreichen die planktischen Arten in dem Abschnitt zwischen 500 und 420 cm T. Die dort auftretenden Taxa sind *Thalassionema nitzschioides*, *Rhizosolenia* spp. und *Thalassiosira decipiens*. In allen anderen Abschnitten liegt der Anteil der planktischen Taxa bei maximal 5 %.

**Tab. 20:** Dominante und häufige Taxa in Zone 2, Bk 572023

Aufgeführt werden Taxa, die Anteile von  $\geq 4$  % erreichten. Es bedeuten ph: polyhalob, eh: euryhalin, mh: mesohalob, b: benthisch, p: planktisch, n: niedrig, m: moderat, h: hoch.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	KoP
<i>Paralia sulcata</i>	67-25	ph eh	bp	h
<i>Delphineis minutissima</i> ,	19-1	ph	b	m
<i>Cymatosira belgica</i>	13-3	ph	b	m
<i>Grammatophora oceanica</i>	7-2	mh	b	m
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	7-0	ph	p	m
<i>Catenula adhaerens</i>	6-0	ph	b	n
<i>Cyclotella caspia</i>	5-0	mh	p	m
<i>Trachyneis aspera</i>	4-1	ph	b	h
<i>Hyalodiscus scoticus</i>	4-1	mh	b	m
<i>Cocconeis discrepans</i>	4-0	ph	b	

Der Erhaltungsgrad der Schalen ist in der gesamten Zone schlecht. Die Schalen sind zwar nur mäßig stark fraktioniert, aber sehr stark durch Lösungsvorgänge beeinflusst. Von den Arten der Gattung *Rhizosolenia* sind nur noch die Kalyptrenfortsätze nachweisbar. Sogar die stark verkieselten Schalen von *Paralia sulcata* zeigen erhebliche Korrosionsschäden. Die Zahl der Taxa in den einzelnen Proben schwankt zwischen 40(410) und 61(403). Dabei dominieren Arten, deren Schalen ein hohes Konservierungspotenzial besitzen. Ihr Anteil fällt nie unter 33 %, maximal werden 74 % erreicht.

Der Vergleich der strukturellen Ähnlichkeit zeigt, dass die Thanathozönosen der gesamten Zone sehr homogen zusammengesetzt sind (Abb. A7-B). Der Wert für die Dominanz-Identität fällt nie unter 50 %. Die niedrigsten Werte, zwischen 50 und 71 %, wurden im Abschnitt zwischen 500 und 440 cm T. ermittelt.



### Zone 3

Die Zone 3 umfasst den oberen Abschnitt zwischen 223 und 0 cm T. Es konnten keine fossilen Mikroorganismen nachgewiesen werden.

## Biostratigrafische Auswertung

### Zone 1

Die Sedimente des unteren Kernabschnitts, zwischen 600 und 555 cm T., bestehen aus Restsediment. Da dort keinerlei autochthone fossile Mikroorganismen zu erwarten waren, wurden keine Proben entnommen. Schalenmaterial von *Mytilus edulis* wurde auf ein Alter von  $8390 \pm 75$  Jahren BP datiert.

### Zone 2

Die Ablagerungen der Zone 2 sind eindeutig in einer marinen Umgebung entstanden. Die Thanathozönosen bestehen aus durchschnittlich 95 % halobionten Taxa, wobei die Gruppe der Polyhalobien eindeutig dominiert. Daneben lassen sich auch Dauersporen von *Chaetoceros* spp. und Skelette des Silicoflagellaten *Ebria tripartita* regelmäßig nachweisen. Sporadisch tritt außerdem *Distephanus speculum* auf (Abb. A7-A). Die in geringen Mengen auftretenden Schalen oligohalober Taxa sind allochthonen Ursprungs; sie wurden wahrscheinlich eingespült.

Die Umweltbedingungen waren wahrscheinlich während des gesamten Ablagerungszeitraums weitgehend konstant. Die hohen Werte für die Dominanz-Identität belegen, dass in der gesamten Zone nur geringfügige Veränderungen in der Struktur der Thanathozönosen auftreten. Lediglich der Abschnitt zwischen 500 und 420 cm Tiefe fällt durch durchschnittlich niedrigere Identitätswerte auf. Diese Unterschiede werden durch eine Erhöhung des Anteils der planktischen Artengruppe hervorgerufen, der in diesem Abschnitt sein Maximum erreicht.

In den Ablagerungen dieser Zone gibt es zahlreiche Hinweise darauf, dass es durch Auflösung vor allem der fein verkieselten Schalen zu großen Unterschieden im Arteninventar von Ausgangspopulation und Thanathozönose gekommen ist. Die Taxa *Paralia sulcata*, *Delphineis minutissima*, *Cymatosira belgica* und *Grammatophora oceanica*, die die Thanathozönosen dominieren, sind durch stark verkieselte Schalen mit hohem Konservierungspotenzial gekennzeichnet. Gleichzeitig sind viele zart verkieselte Arten nur noch in Form von Bruchstücken (*Rhizosolenia* spp.) oder in Form

ihrer Dauersporen (*Chaetoceros* spp.) nachweisbar. Das deutet darauf hin, dass der Anteil an halobionten planktischen Arten in der Ausgangspopulation bedeutend höher war. Zudem weisen alle Schalen erhebliche Korrosionsschäden auf, die sich z. B. in Form stark vergrößerter Areolen beobachten lassen. Mit *Paralia sulcata* dominiert in dieser Zone außerdem ein tychoplanktisches Taxon, dass häufig als Anzeiger für eine niedrige Authentizität angesehen wird (DENYS 1989; VOS & DE WOLF 1993b; DENYS & DE WOLF 1999). Das gleiche gilt für die Begleitarten *Delphineis minutissima* und *Cymatosira belgica* (ibd.).

Die niedrige Authentizität der Thanathozönosen führt in diesem Fall dazu, dass verschiedene Faktoren der Paläoumwelt nicht oder nur begrenzt rekonstruiert werden können. So ist eine kontinuierliche Erhöhung des Wasserspiegels, wie sie in dieser Phase vor ca. 8.300 Jahren BP zu erwarten wäre (PÄSSE 1990, 1997), anhand des Artgefüges nicht zu belegen; signifikante Veränderungen in den Anteilen der planktischen Artengruppe treten nicht auf.

Auch eine Rekonstruktion der Wassertiefe ist mithilfe der Diatomeenflora nur begrenzt möglich. Dafür ist neben der geringen Authentizität auch die vielfältig interpretierbare Artenzusammensetzung verantwortlich. Von *Paralia sulcata*, *Delphineis minutissima* und *Cymatosira belgica* dominierte Thanathozönosen wurden z. B. in den Ablagerungen nur sporadisch überfluteter Salzwiesen in Holland und Belgien beobachtet (VOS & DE WOLF 1993a, 1993b; DENYS & DE WOLF 1999). Ähnliche Artgefüge wurden jedoch auch in Sedimenten, die weit entfernt von der Küste deponiert wurden, beobachtet (ibd.). In der aktuellen Untersuchung ist jedoch eine Wassertiefe von mehr als 10 m wahrscheinlich. Der Anteil an überlieferten benthischen Taxa ist vergleichsweise niedrig, der Anteil an halobionten Planktonorganismen sehr hoch, und gerade das Auftreten von Arten der Gattungen *Chaetoceros* und *Rhizosolenia* spricht für größere Wassertiefen.

Der hohe Anteil an planktischen Taxa bzw. an Taxa aus der benthisch/planktischen Artengruppe wirft die Frage auf, ob es sich dabei um Schalen autochthonen oder allochthonen Ursprungs handelt. Schon SIMONSEN (1969) gibt an, dass die Schalen planktischer Taxa oft verdriftet und weit entfernt von ihrem ursprünglichen Standort abgelagert werden. VOS & DE WOLF (1993a, 1993b) bestätigen diesen Befund. Sie betonen, dass die Paläoumgebung mariner Ablagerungen mit hohen Anteilen an planktischen und tychoplanktischen Organismen nur sehr begrenzt rekonstruiert werden

kann. Im Fall der aktuellen Untersuchung sprechen jedoch drei Faktoren für den autochthonen Ursprung dieser Schalen. Die ausschließlich tonigen Sedimente lassen auf eine ruhige Sedimentationsumgebung ohne große Wasserbewegungen schließen. Der geringe Grad der Fraktionierung weist ebenfalls darauf hin, dass der Transportweg der Schalen eher kurz war. Außerdem spricht die Gleichförmigkeit der Artenzusammensetzung über eine immerhin 3,32 m mächtige Schicht dafür, dass es sich um Schalen autochthonen Ursprungs handelt.

Die Ablagerungen der Zone 2 sind im Holozän (H3) in einer marinen Umgebung entstanden. Sie sind vermutlich in größeren Wassertiefen (> 10 m) in einer ruhigen Sedimentationsumgebung deponiert worden.

### **Zone 3**

Da in dieser Zone keine Mikrofossilien nachweisbar waren, können über die holozänen Sedimente der Zone 3 keine ökostratigrafischen Aussagen getroffen werden.

## Bohrkern 572001

Das Kernprofil 572001 stammt aus einer Wassertiefe von 23,9 m. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 21 gegeben. Alle biostratigraphischen Ergebnisse werden in Abbildung A8-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 21:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 572001

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-15	feiner bis mittelfeiner Sand	10YR 4/1	11
15-119	feiner Sand	10YR 5/1	31, 50, 66, 84, 104
119-181	toniger Sand	10YR 5/1 - 6/2	129, 146, 164
181-190	sandiger Ton	10YR 5/1 - 6/2	188
190-206	toniger Sand	10YR 5/1 - 6/2	201
206-335	sandiger Ton	10YR 5/1 - 6/2	211, 229, 249, 273, 292, 312, 333
335-345	feiner Sand	10YR 5/1	340
345-423	sandiger Ton	10YR 5/1 - 6/2	353, 387, 405
423-495	sandiger Ton	10YR 5/1 - 6/2	440, 464, 490
495-565	sandiger Ton	10YR 5/1 - 6/2	513, 539, 561

## Biostratigraphische Ergebnisse

Die Diatomeenfunde ermöglichen eine Untergliederung dieses Kernprofils in zwei Zonen.

### Zone 1

Die Zone 1 erstreckt sich zwischen 565 und 15 cm T. In dem gesamten Abschnitt lassen sich keine Mikrofossilien nachweisen.

### Zone 2

In der zweiten Zone, die den Abschnitt zwischen 15 und 0 cm T. umfasst, sind Diatomeenschalen überliefert.

Den Schwerpunkt bilden polyhalobe, benthische Taxa. Dazu gehören *Catenula adhaerens*, *Hyalinella lateripunctata* und *Ehrenbergia granulosa*. Diese drei Taxa stellen zusammen einen Anteil von 85 % der gesamten Diatomeenflora. Begleitet werden sie von *Cocconeis discrepans*, *Anaulus balticus* und *Dimeregramma minor*.

98 % der auftretenden Taxa gehören in die Gruppe der Polyhalobien, 2 % sind als mesohalob eingestuft. 99 % der Individuen leben benthisch.

Es konnten 20(476) Taxa identifiziert werden. Der Erhaltungsgrad der Schalen war überwiegend gut. Schäden durch Anlösung oder stark zerbrochene Schalen traten kaum auf. Eine Anreicherung von Taxa mit hohem Konservierungspotenzial konnte ebenfalls nicht beobachtet werden; der Anteil an Schalen mit niedrigem Konservierungspotenzial war mit 61 % besonders hoch.

**Tab. 22:** Dominante und häufige Taxa in Zone 2, Bk 572001

Aufgeführt werden Taxa, die Anteile von  $\geq 1$  % erreichten. Es bedeuten ph: polyhalob, eh: euryhalin, mh: mesohalob, b: benthisch, n: niedrig, m: moderat, h: hoch.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	KoP
<i>Catenula adhaerens</i>	59	ph	b	n
<i>Hyalinella lateripunctata</i>	17	ph eh	b	
<i>Ehrenbergia granulosa</i>	9	ph	b	m
<i>Cocconeis discrepans</i>	5	ph	b	
<i>Anaulus balticus</i>	3	ph eh	b	n
<i>Dimeregramma minor</i>	1	ph	b	h
<i>Diploneis smithii</i>	1	mh	b	m

## Biostratigrafische Auswertung

### Zone 1

Zu Zone 1 sind aufgrund der fehlenden Mikrofossilien keine ökostratigrafischen Aussagen möglich. Während der untere Abschnitt dieser Zone, zwischen 565 bis 119 cm Teufe, im Spätglazial deponiert wurde, stammt der obere Abschnitt aus dem Holozän (JENSEN schriftl. Mitteilung).

### Zone 2

In den sandigen Ablagerungen der Zone 2 treten fast ausschließlich polyhalobe, benthische Taxa auf. Mit *Catenula adhaerens* dominiert eine epipsammische Art (SUNDBÄCK & MEDLIN 1986). Für *Diploneis smithii* wird eine Präferenz des Epipelons angegeben (SNOEIJIS & VILBASTE 1994), und auch *Hyalinella lateripunctata* und *Dimeregramma minor* wurden in und auf Feinsedimenten beobachtet (VOS & DE WOLF

1993a). Viele der identifizierten Taxa sind als indifferent gegenüber dem Tidenhub eingestuft (SIMONSEN 1962).

Die Schalen sind durchgängig gut erhalten, und nur wenige mit hohem Konservierungspotenzial sind nachweisbar. Vielmehr spricht das Auftreten von vielen Schalen mit niedrigem Konservierungspotenzial dafür, dass die Zusammensetzung von Thanathozönose und Ausgangspopulation einander weitgehend entsprechen.

Es handelt sich um Ablagerungen rein marinen Ursprungs. Die Zusammensetzung der Thanathozönose weist auf einen von Feinsedimenten bedeckten Küstenabschnitt als Ursprungsort hin. Wahrscheinlich lebte die Ausgangspopulation auf einem flachen, sandigen Meeresabschnitt in direkter Ufernähe.

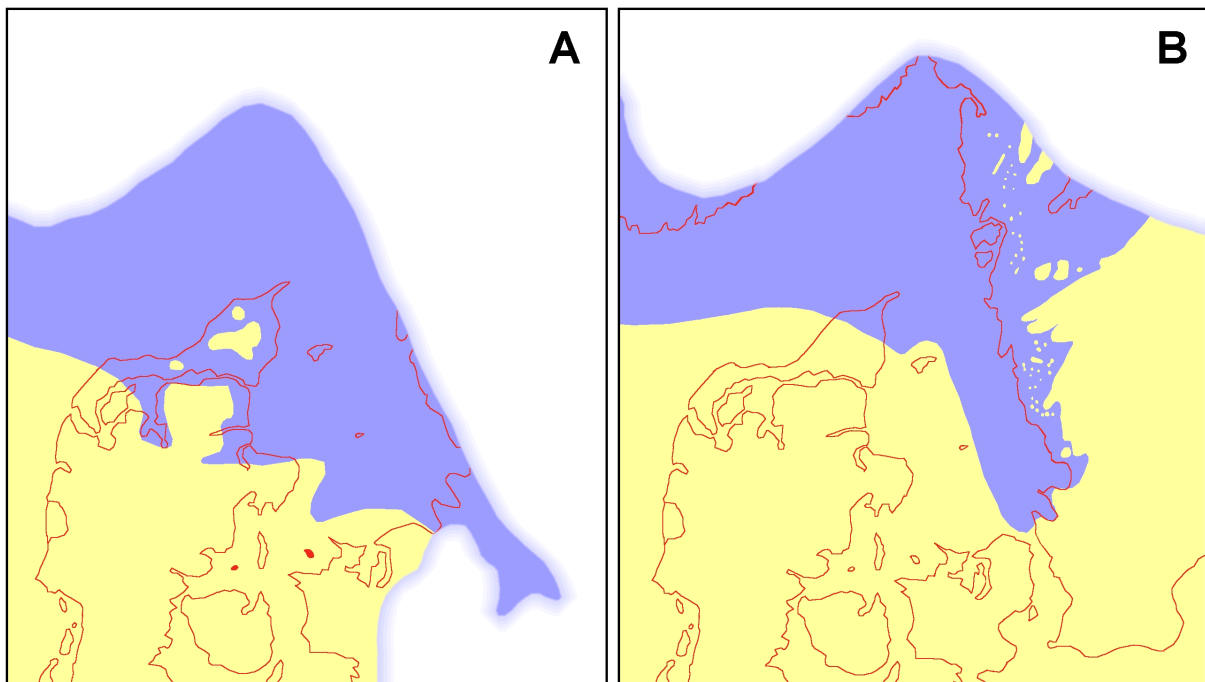
Es ist auszuschließen, dass es sich um rezente Sedimente handelt. Der Bohrkern stammt aus einer Wassertiefe von 23,9 m unter NN. In rezenten Ablagerungen wäre in einer solchen Tiefe mit einem deutlich höheren Anteil planktischer bzw. fakultativ planktischer Taxa zu rechnen.

Die Ablagerungen der Zone 2 sind im Holozän (H3) in einem sehr flachen, sandigen Meeresabschnitt entstanden.

## Landschaftsentwicklung des Kattegats

### Spätglazial (SG)

Während der Weichsel-Eiszeit war das Kattegat vollständig vom Eis bedeckt (MÖRNER 1969). Der Rückzug des Eisschildes erfolgte im Spätglazial zwischen 15.000 und 13.500 Jahren BP (STABELL & THIEDE 1986; PÄSSE 1990; LAGERLUND & HOUMARK-NIELSEN 1993). In dieser Periode drang Salzwasser in die Region ein, und vor rund 13.500 Jahren BP waren dann weite Bereiche von Nordjütland und dem Kattegat von einem schmalen Meeresarm bedeckt, der über den Skagerrak mit der Nordsee in Verbindung stand (Abb. 6A). In Nordjütland und Westschweden indizieren marine Ablagerungen in einer Höhe von ca. 60 m über NN die Lage der Paläoküstenlinien (JESSEN 1936; SANDGREN 1983).



**Abb. 6:** Paläogeografische Karten des Kattegats

Dargestellt wird das Untersuchungsgebiet vor 13.500 Jahren BP (A) und 11.000 Jahren BP (B), rot: rezente Küstenlinie, gelb: Land, hellblau: Salz-/Brackwasser, weiß-blau-Verlauf: Eisschild (nach STABELL & THIEDE 1986, verändert)

In diesem Entwicklungsabschnitt wurden im Untersuchungsgebiet wechselnde Lagen, bestehend aus Ton und Sand, deponiert, in denen durchgängig Schalen mariner Mollusken beobachtet werden konnten; ihre Ablagerung erfolgte unter glazio-marinen Bedingungen (BENNIKE et al. 2000; JENSEN et al. in Vorbereitung).

Auffällig ist, dass im Untersuchungsgebiet in den Ablagerungen dieser frühen Periode ohne Ausnahme keine Diatomeenschalen überliefert sind (572001, Zone 1; 572002, Zone 1; 572011, Zone 1; 572019, Zone 1). Wahrscheinlich war in dem stark durch Schmelzwasser beeinflussten Paläogewässer (MAJORAN & NORDBERG 1997) aufgrund der Belastung mit Schwebstoffen Algenwachstum ursprünglich nur begrenzt möglich; zudem ist es durch den starken Schwebstoffeintrag vermutlich zu einem deutlichen Verdünnungseffekt gekommen. Nachdem der Schmelzwasserzufluss abebbte, sorgte wahrscheinlich die Wasserchemie dafür, dass die Diatomeenschalen schon vor der Einbettung im Sediment vollständig aufgelöst wurden; vermutlich war das Wasser stark  $\text{SiO}_2$ -untersättigt.

Ablagerungen aus dem Spätglazial sind im Untersuchungsgebiet, dem südwestlichen Kattegat, nur partiell überliefert; so fehlen z. B. Alleröd und Jüngere Dryas fast vollständig (STABELL & THIEDE 1986; BENNIKE et al. 2000). Aufgrund isostatischer Ausgleichsbewegungen sank der Meeresspiegel in diesen Perioden auf einen Tiefstand von 30 bis 40 m unter NN ab (BENNIKE et al. 2000). Weite Bereiche fielen daraufhin trocken und waren somit erodierenden Prozessen ausgesetzt (Abb. 6B).

Der Südosten des Kattegats war dagegen auch während Alleröd und Jüngerer Dryas permanent von Wasser bedeckt (Abb. 6B). Neben einer gut erhaltenen Fauna – Foraminiferen und Ostracoden – wurde dort auch eine ausgeprägte Diatomeenflora überliefert (BERGSTEN & NORDBERG 1992; JIANG & NORDBERG 1996; MAJORAN & NORDBERG 1997). Sie indiziert eine überwiegend durch Süßwasser dominierte Paläoumgebung und weist darauf hin, dass der Baltische Eisstausee zwischen 13.000 und 10.300 Jahren BP über den Öresund ins Paläokattegat entwässerte (BERGSTEN & NORDBERG 1992; JIANG & NORDBERG 1996).

### **Holozän 1 (H1)**

Im frühen Holozän überlagerte der eustatische Anstieg des Meeresspiegels die Auswirkungen der isostatischen Prozesse; der relative Wasserspiegel im Kattegat stieg an (MÖRNER 1969; STABELL & THIEDE 1986; PÄSSE 1990). Infolgedessen wurde auch das Untersuchungsgebiet südlich der Insel Anholt überflutet (BENNIKE et al. 2000). Die Transgression startete etwa zu Beginn des Präboreals. Im Norden des Untersuchungsgebiets konnten erste Spuren dieses Prozesses auf ein Alter von ca. 10.200 Jahren BP datiert werden (572019, Zone 2). Für die Hauptphase der Transgression wurde mithilfe von  $^{14}\text{C}$ -Datierungen ein Alter zwischen  $9.650 \pm 90$  und  $9.350 \pm 65$  Jah-



ren BP ermittelt; in den Kernprofilen 572002 (Zone 2) und 572011 (Zone 2) aus dem südlichen Abschnitt des Untersuchungsgebiets sind Sedimentabschnitte dieser Entwicklungsphase durchteuft worden.

In diesem Stadium wurden im Untersuchungsgebiet hauptsächlich feine Sande abgelagert, in denen neben den Schalen mariner Mollusken, z. B. *Cardium* sp., auch eine marine Diatomeenflora überliefert wurde. Das charakteristische Taxon dieser Transgressionsflora war *Paralia sulcata*. Des Weiteren waren *Actinoptychus senarius*, *Catenula adhaerens*, *Cymatosira belgica*, *Dimeregramma minor*, *Ehrenbergia granulosa*, *Plagiogramma staurophorum* und *Planothidium engelbrechtii* typisch. Mit der Transgression vergleichbare Sedimentationsbedingungen liegen rezent in küstennahen Überschwemmungsgebieten vor; dort wurden auch ähnliche Artenzusammensetzungen beobachtet (DENYS & DE WOLF 1999). So reicherten sich z. B. in den Sedimenten holländischer Salzwiesen, die nur sporadisch während eines Sturmereignisses überflutet wurden, Taxa mit stark verkieselten Schalen überproportional an. Charakteristisch für diese Sedimente waren mit *Cymatosira belgica*, *Dimeregramma minor* und *Paralia sulcata* vor allem Arten, die keinesfalls zur autochthonen Flora dieser Standorte gehörten; diese Taxa wurden aus Gewässerabschnitten mit deutlich größerer Wassertiefe eingespült (VOS & DE WOLF 1993a, 1993b, 1994). Ähnliche Befunde ergaben sich bei der Untersuchung belgischer Küstenabschnitte (DENYS 1989, 1994).

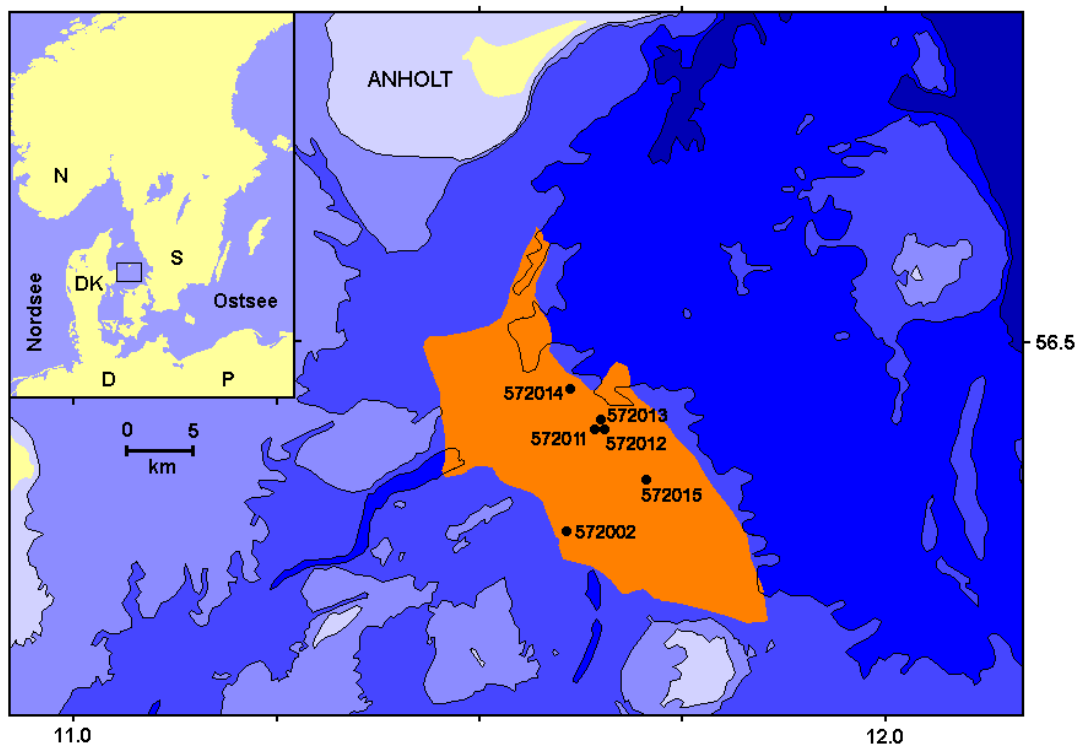
Daraus lässt sich für den Sedimentabschnitt H1 ebenfalls ableiten, dass dort höchstens ein geringer Anteil der autochthonen Diatomeenflora deponiert wurde. Das Gros der überlieferten Taxa ist wahrscheinlich allochthonen Ursprungs und lebte ursprünglich in Abschnitten mit größerer Wassertiefe im östlichen Paläokattegat.

## **Holozän 2 (H2)**

Nachdem das Untersuchungsgebiet im Laufe der Transgression vollständig überflutet worden war, entwickelte sich aufgrund küstendynamischer Prozesse sukzessiv eine Landbarriere zwischen Untersuchungsgebiet und Paläokattegat. Erste Analysen der seismischen Profile und der Sedimentzusammensetzung führten zu der Annahme, dass es während der fortschreitenden Transgression im Untersuchungsgebiet zur Bildung einer Lagune kam (BENNIKE et al. 2000). Aufgrund weiterführender Studien ergab sich jedoch ein anderes Bild: Da es bisher nicht möglich war, den nördlichen Abschnitt der trennenden Landbrücke zu rekonstruieren (Abb. 3E), handelte es

sich wahrscheinlich nicht um eine Lagune, sondern um den Mündungsbereich eines Fließgewässers (Abb. 8A), der durch eine in Nord-Süd-Richtung verlaufende Nehrung vom Paläokattegat isoliert wurde (JENSEN mündl. Mitteilung).

Die Isolierung des Untersuchungsgebiets vom Paläokattegat führte zu erheblichen Veränderungen im Paläomilieu. Das ursprünglich rein marine Gewässer wurde zunehmend durch den Einstrom von Süßwasser beeinflusst. Das Ausmaß der Beeinflussung war von der Ausdehnung und der Lage der Landzunge abhängig und infolge küstendynamischer Prozesse während des Ablagerungszeitraums beträchtlichen Veränderungen unterworfen.



**Abb. 7:** Verbreitung der H2-Sedimente im südwestlichen Kattegat

Dargestellt wird das rezente Untersuchungsgebiet. Die Landzunge, die das Untersuchungsgebiet vom Paläokattegat trennte, erstreckte sich wahrscheinlich am Ostrand des H2-Sedimentabschnitts in Nord-Süd-Richtung (gelb: Land, blau: Wasser, orange: H2-Sedimente, •572011: Kernposition und -nummer, aus BENNIKE et al. 2000).

Die Sedimente, die in diesem Entwicklungsabschnitt deponiert wurden (Abb. 7), sind aus wechselnden tonigen und schluffigen Lagen zusammengesetzt und wahrscheinlich in einer ruhigen Sedimentationsumgebung und bei hohen Sedimentationsraten entstanden. In ihnen ist eine reichhaltige Pflanzen- und Tierwelt überliefert. Neben telmatischen und terrestrischen Pflanzenresten waren auch Molluskenschalen und

Tier- und Pflanzenteile limnischen und marinen Ursprungs sowie Foraminiferen nachweisbar (BENNIKE et al. 2000).

Neben der Makroflora und -fauna liegt in den Ablagerungen dieses Entwicklungsabschnitts auch eine üppige Diatomeenflora vor. Die Thanathozönosen bestehen aus einem Gemisch von Arten, die rezent sehr unterschiedliche Gewässertypen und Lebensräume besiedeln. Es sind Taxa aller Salinitäts- und Trophiepräferenzen vertreten, und die pH-Präferenzen der Taxa sind ebenfalls breit gefächert.

Obwohl innerhalb der Thanathozönosen die unterschiedlichsten Lebensgemeinschaften nebeneinander vorliegen und die Authentizität dementsprechend gering ist, können für das Untersuchungsgebiet eutrophe und alkalische Paläobedingungen rekonstruiert werden. Dafür spricht, dass der überwiegende Teil der Arten als eutraphent bzw. meso- bis eutraphent und als alkaliphil bzw. alkalibiont klassifiziert ist. Abgesehen davon ist in einem thalassogen beeinflussten Gewässer ein eutrophes und alkalisches Milieu zu erwarten.

Ein Großteil der Schalen wurde zwar im Untersuchungsgebiet abgelagert, die Taxa stammen aber sehr wahrscheinlich aus anderen Gewässerabschnitten; vermutlich ist ein Anteil zwischen 20 und 40 % allochthonen Ursprungs. In diese Kategorie gehören die polyhaloben, halophoben, oligotraphenten und acidophilen Taxa. Die Schalen der polyhaloben Arten stammen wahrscheinlich aus dem Paläokattegat und wurden entweder durch Unterströmungen in das Untersuchungsgebiet eingetragen oder während eines Sturms bzw. während einer kurzzeitigen Überflutung dort deponiert. Die Herkunft der oligohaloben Taxa ist wahrscheinlich vielfältig. Der überwiegende Teil der allochthonen Schalen wurde durch mündende Fließgewässer eingetragen, wobei im Einzugsgebiet wahrscheinlich Gewässer mit stark differierender Wasserqualität vorlagen. So stammen die oligotraphenten Taxa vermutlich aus küstennahen Seen bzw. Fließgewässern mit einem niedrigen TP-Gehalt. Entsprechendes gilt für die halophoben und acidophilen Taxa.

Im Ablagerungszeitraum wurde das Untersuchungsgebiet wahrscheinlich nicht durch Gezeiten beeinflusst. Weder die Analyse der Diatomeenflora noch die der Sedimentzusammensetzung und der Makrofossilien lieferten Hinweise darauf (BENNIKE et al. 2000). Gleichwohl ergab die Untersuchung der Foraminiferen, dass das Artgefüge weitgehend dem des Wattenmeeres der deutschen Nordseeküste ähnelt (ibd.). BEN-

NIKE et al. (2000) schlossen daraus, dass die Temperatur und der Salzgehalt in der Paläoumwelt starken Schwankungen unterworfen war.

Die Artenzusammensetzung der Diatomeenflora weicht dagegen erheblich von der des Wattenmeeres ab. Vergleicht man die Artenliste der aktuellen Untersuchung mit der BROCKMANN (1950), KÖNIGS (1982) und SABBES (1993), so sind nur wenige Übereinstimmungen vorhanden. Die Diatomeenflora des Watts ist überwiegend aus polyhaloben, epipsammischen bzw. epipelischen Arten zusammengesetzt. Im Untersuchungsgebiet traten jedoch hauptsächlich oligohalobe Taxa mit überwiegend epilithischer bzw. epiphytischer Substratpräferenz und oligohalobe Planktonorganismen auf. Die Artenzusammensetzung ähnelt insgesamt eher dem Artgefüge, welches rezent für die Mündungsgebiete von Fließgewässern – vor allem in gezeitenarme Meere – charakteristisch ist (JUGGINS 1992; WITKOWSKI 1994; CAMPEAU et al. 1999; COOPER 1999). Betrachtet man ausschließlich den Anteil der oligohaloben Taxa, der durchschnittlich über 80 % betrug, so ähnelt das Artgefüge dem rezenter, eutropher, mitteleuropäischer Seen (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986, 1988, 1991a, 1991b; HOFMANN 1994; VOIGT 1996; SCHÖNFELDER 1997).

Da die Schalen der Foraminiferen jedoch im allgemeinen leicht beschädigt waren und in weiten Abschnitten, vor allem in der Zone H2b, nur in niedrigen Konzentrationen auftraten (BENNIKE et al. 2000), besteht die Möglichkeit, dass sie überwiegend allochthonen Ursprungs sind und, ähnlich wie die Schalen der polyhaloben Diatomeentaxa, aus Gewässerabschnitten mit höherem Salzgehalt eingetragen wurden. Veränderungen im Ausmaß der Isolierung zwischen Untersuchungsgebiet und Paläokattegat werden durch Wechsel im Artgefüge der Diatomeenflora deutlich angezeigt. Abhängig von der Artenzusammensetzung lassen sich die Sedimente dieser Entwicklungsphase in drei Abschnitte – H2a, H2b und H2c – untergliedern. Lediglich in Kernprofil 572002 sind alle drei Abschnitte überliefert. In den übrigen Profilen fehlen entweder die jüngeren (Bk 572011) oder die älteren Sedimentabschnitte (Bk 572012, Bk 572013, Bk 572015).

### **Holozän 2a (H2a)**

Im Verlauf der Transgression entwickelte sich sukzessiv eine Landbarriere, die das Untersuchungsgebiet vom Paläokattegat abtrennte. Während dieser Entwicklung wurde die Isolierung zwischen Untersuchungsgebiet und Paläokattegat zunehmend stärker und die Beeinflussung durch den Zustrom von Süßwasser stieg an.

Die Sedimente, die in dieser Entwicklungsphase deponiert wurden, bestehen aus sandigen, schluffigen und tonigen Lagen, in denen viele makroskopische Pflanzen- und Tierreste, z. B. *Phragmites australis* und *Scirpus* spp. sowie Trichopteren und Cladoceren, enthalten sind (BENNIKE et al. 2000).

Die typischen Diatomeentaxa dieser Entwicklungsphase waren *Amphora pediculus*, *Aulacoseira ambigua*, *A. islandica*, *Fragilaria brevistriata*, *F. construens* inklusive Formen, *F. pinnata*, *Paralia sulcata*, *Planothidium engelbrechtii* und *Podosira stelliger*.

Die Diatomeenflora dieses Sedimentabschnitts spiegelt die zahlreichen Veränderungen in der Paläoumwelt wider, die sich in diesem Entwicklungsabschnitt ereigneten. Neben der zunehmenden Beeinflussung durch die Zufuhr von Süßwasser indiziert die Artenzusammensetzung eine Temperaturerhöhung und einen Anstieg des Paläowasserspiegels.

Erhebliche Veränderungen im Artgefüge belegen die zunehmende Beeinflussung des Untersuchungsgebiets durch Süßwasser. In den Thanathozönosen treten zwar Taxa aller Salinitätspräferenzen nebeneinander auf, der Artenwechsel in den Thanathozönosen – der mit abnehmender Teufe kontinuierlich ansteigende Anteil an oligohaloben Arten und der stetig abnehmende Anteil an halobionten Taxa – deutet jedoch eine deutliche Absenkung des durchschnittlichen Salzgehaltes im Paläogewässer an.

Gleichzeitig indiziert ein Artenwechsel in der Diatomeenflora einen Anstieg der Wassertemperatur während dieses Entwicklungsabschnitts, welcher wahrscheinlich auf die generelle Temperaturerhöhung im Boreal zurückzuführen ist. Im Kernprofil 572002 (Zone 3) wird die Kaltwasserart *Aulacoseira islandica* von den Taxa *Aulacoseira ambigua* und *A. granulata* abgelöst. Diese bevorzugen vergleichsweise höhere Temperaturen (RODHE 1948; LUND 1954; HUSTEDT 1962; HUTCHINSON 1967; KLEE & STEINBERG 1987; KILHAM 1990). Dieser sukzessive Wechsel ist ausschließlich in dem Kernprofil 572002 nachweisbar, da dieses Profil aus einem isolierten Abschnitt des Untersuchungsgebiets stammt. In anderen Profilen konnte dieser Arten- bzw. Temperaturwechsel nicht nachgewiesen werden; in Bohrkern 572011 (Zone 3) liegen *Aulacoseira islandica* und *A. ambigua*, vermutlich durch Umlagerungsprozesse bedingt, nebeneinander vor.

Die Diatomeenflora deutet auch auf einen Anstieg des Paläowasserspiegels hin. Das Spektrum der Lebensformen verändert sich in diesem Sedimentabschnitt deutlich; der Anteil der Planktonorganismen steigt an. Wahrscheinlich ist dieser Wandel im Artenspektrum eine direkte Folge des eustatischen Anstiegs des Meeresspiegels im Ablagerungszeitraum (PÄSSE 1990). Es ist jedoch auch möglich, dass in dieser Periode die Wasserführung der mündenden Fließgewässer anstieg, da hauptsächlich oligohalobe Planktonorganismen auftreten.

### **Holozän 2b (H2b)**

Auf die sukzessive Bildung der Landbarriere folgte ein Entwicklungsabschnitt, der durch die maximale Isolation des Untersuchungsgebiets vom Paläokattegat gekennzeichnet ist. Die Landzunge, die beide Gewässerabschnitte voneinander trennte, erreichte in dieser Phase wahrscheinlich ihre größte Ausdehnung (Abb. 8A).

Die tonigen und schluffigen Ablagerungen enthalten eine reichhaltige Diatomeenflora. Die Untersuchung der Thanathozönosen zeigt, dass das Untersuchungsgebiet im Ablagerungszeitraum hauptsächlich durch den Einstrom von Süßwasser geprägt wurde. Alle dominierenden und häufigen Taxa gehören in die Artengruppe der Oligohalobien. Die ebenfalls kontinuierlich in geringen Mengen auftretenden Schalen mariner Taxa wurden wahrscheinlich durch Unterströmungen aus Gewässerabschnitten eingespült, die durch höhere Salzgehalte gekennzeichnet waren. Sie zeigen an, dass permanent eine Verbindung zum Paläokattegat bestand.

In den Ablagerungen dieser Zone treten zudem punktuell Anreicherungen mariner Taxa auf. Diese können verschiedene Ursachen haben. Bestehen sie überwiegend aus polyhaloben Planktonorganismen, sind sie wahrscheinlich auf sporadische Überflutungen, z. B. während eines Sturmereignisses, zurückzuführen (SIMONSEN 1969; VOS & DE WOLF 1993a, 1993b). Beim verstärkten Auftreten benthischer Mesohalobien ist es auch möglich, dass der marine Einfluss im Untersuchungsgebiet, z. B. durch einen Rückgang der Süßwasserzufuhr, kurzfristig zunahm.

Typische oligohalobe Taxa dieser Phase waren *Achnanthes minutissima*, *Amphora pediculus*, *Aulacoseira ambigua*, *A. islandica*, *Cocconeis neothumensis*, *Cyclotella comensis*, *Fragilaria brevistriata*, *F. construens* inklusive Formen, *F. martyi*, *F. pinnata*, *F. pseudoconstruens* und *Navicula utermoehlii*. Aus der Gruppe der halobionten Arten traten *Actinocyclus normannii*, *Cocconeis hauniensis*, *Ehrenbergia granulosa*,

*Catenula adhaerens*, *Paralia sulcata*, *Planothidium engelbrechtii*, *Thalassiosira angulata* und *T. proschkiniae* wiederholt auf.

Anhand von Veränderungen im Artenspektrum (Bk 572011, Zone 4) können die Ablagerungen dieser Entwicklungsphase in zwei Subzonen untergliedert werden; die betreffenden Sedimentabschnitte sind in unterschiedlichen Wassertiefen entstanden. Infolge einer hohen Sedimentationsrate während des gesamten Ablagerungszeitraums wurde das Untersuchungsgebiet zunehmend verfüllt. Während der Meeresspiegel in dieser Phase wahrscheinlich nur sehr gering anstieg (BENNIKE et al. 2000), sank also der relative Wasserspiegel insgesamt ab.

Der ältere Abschnitt, die Subzone H2b-1, entstand in einer Phase, während der der relative Wasserstand im Untersuchungsgebiet hoch war. In den Ablagerungen tritt ein hoher Anteil an Planktonorganismen auf; *Aulacoseira ambigua* und *A. islandica* sind individuenreich vertreten, während das benthische Taxon *Navicula utermoehlii* nur in sehr geringen relativen Häufigkeiten nachzuweisen ist.

In den Ablagerungen der Subzone H2b-2 ist der Anteil an Planktonorganismen deutlich verringert. Beide *Aulacoseira*-Arten fehlen fast vollständig, während *Navicula utermoehlii* mit deutlich erhöhten Anteilen zu beobachten ist. Mithilfe der <sup>14</sup>C-Datierungen kann dieser Sedimentabschnitt auf ein Alter von rund 8.800 Jahren BP datiert werden.

Die Ablagerungen, die diese Untergliederung ermöglichten, sind ausschließlich im Kernprofil 572011 überliefert. In den Profilen 572012, 572013 und 572015 sind lediglich Abschnitte der jüngeren Subzone (H2b-2) durchteuft worden. Auf das Kernprofil 572002 ist dieses Schema nicht übertragbar, da dieses Profil aus einer geringeren Wassertiefe und einem relativ isolierten Abschnitt des Untersuchungsgebiets stammt.

### **Holozän 2c (H2c)**

Während der Meeresspiegel weiterhin anstieg, kam es infolge küstendynamischer Prozesse wahrscheinlich zu einer Verlagerung der Landzunge in Richtung Südwesten. Vermutlich veränderte sich nicht nur die Lage und die Ausdehnung der Nehrung, sondern aufgrund der hohen Sedimentationsrate und des steten Materialtransports bildeten und verlagerten sich innerhalb des Untersuchungsgebiets kurzfristig Sandbänke bzw. kleine Inseln. Diese Veränderungen der Küstenmorphologie führten wahrscheinlich gleichzeitig dazu, dass sich die Isolation des Untersuchungsgebiets

vom Paläokattegat merklich verringerte; Teilbereiche wurden wieder zunehmend durch Meerwasserintrusionen beeinflusst. Es kam verstärkt zu Unterströmungen, durch die Meerwasser und damit auch vermehrt Schalen mariner Taxa aus dem Paläokattegat in das Untersuchungsgebiet transportiert wurden. Vermutlich trugen diese Unterströmungen auch zu einem Anstieg des Salzgehalts bei.

An der Korngrößenzusammensetzung des Sediments – wechselnde Lagen aus Gytja, Ton und Schluff – wird deutlich, dass auch während der Ablagerung dieses Sedimentabschnitts überwiegend ruhige Sedimentationsbedingungen vorlagen.

Die typischen Taxa dieser Entwicklungsphase waren *Actinocyclus normanii*, *Amphora pediculus*, *Cocconeis neothumensis*, *C. placentula* inklusive Varietäten, *Cyclotella comensis*, *Cymatosira belgica*, *Delphineis minutissima*, *Fragilaria brevistriata*, *F. martyi*, *F. schulzii*, *Hyalodiscus scoticus*, *Paralia sulcata*, *Rhoicosphenia abbreviata* und *Thalassiosira proschkiniae*.

Die Diatomeenflora indiziert eine leichte Erhöhung des Wasserspiegels. Wahrscheinlich sind die Veränderungen im Artenspektrum eine direkte Folge des Anstiegs des Meeresspiegels im Ablagerungszeitraum. Das Spektrum der Lebensformen in diesem Sedimentabschnitt verändert sich deutlich, der Anteil der fakultativen und reinen Planktonorganismen steigt an.

Je nach Locus hat sich die Verlagerung der Nehrung unterschiedlich stark bzw. unterschiedlich lang ausgewirkt.

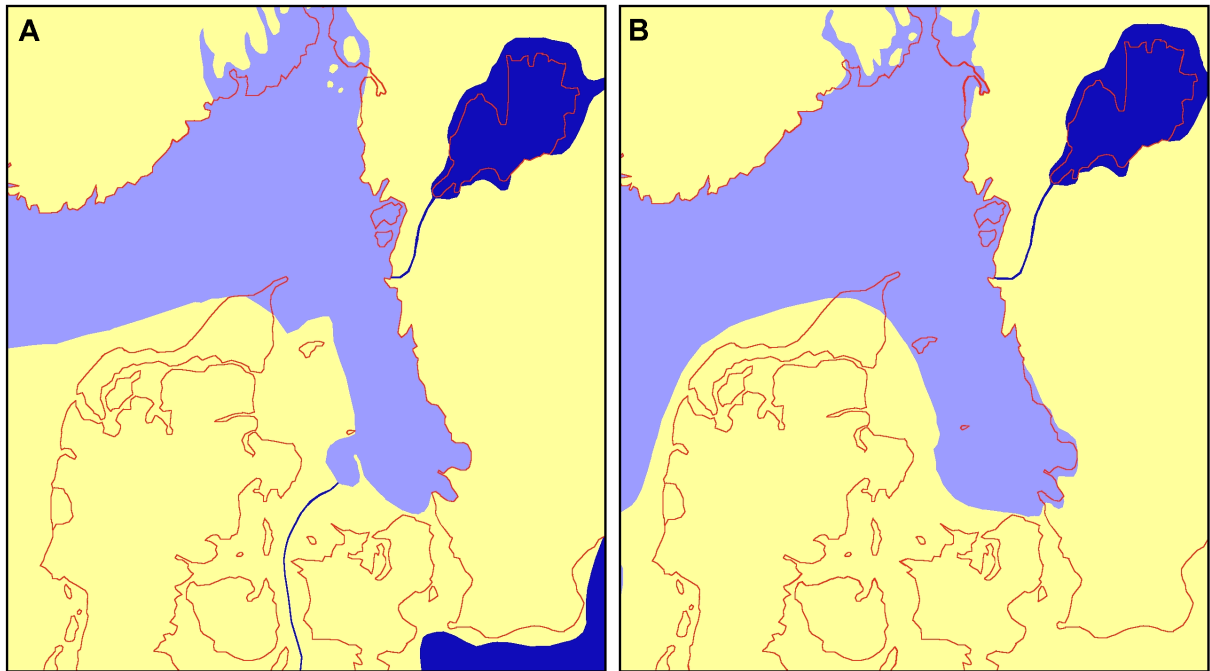
Im Südosten des Untersuchungsgebiets sind die Auswirkungen am deutlichsten (Bk 572015, Zone 2). Dort wurde ein Sedimentabschnitt von 4,4 m Mächtigkeit abgelagert. Die überlieferte Diatomeenflora besteht wahrscheinlich zu einem großen Teil aus allochthonen Arten; die Schalen der Poly- und Oligohalobien wurden vermutlich größtenteils eingespült. Lediglich die mesohaloben Planktonorganismen sind wahrscheinlich autochthonen Ursprungs.

Deutliche küstenmorphologische Veränderungen lassen sich auch im Nordwesten (Bk 572014, Proben 2-4) nachweisen. In dieser Entwicklungsphase entstand dort vermutlich kurzzeitig eine Sandbank (BENNIKE et al. 2000), und die Beeinflussung durch Meerwasser war sehr groß.

Im Südwesten waren die Effekte deutlich geringer (Bk 572002, Zone 5). Dieses Kernprofil stammt aus einem sehr isolierten Abschnitt des Untersuchungsgebiets.



Der Sedimentabschnitt, in dem eine verstärkte Beeinflussung durch Meerwasser festgestellt werden konnte, umfasst hier nur wenige Zentimeter.



**Abb. 8:** Paläogeografische Karten des Kattegats

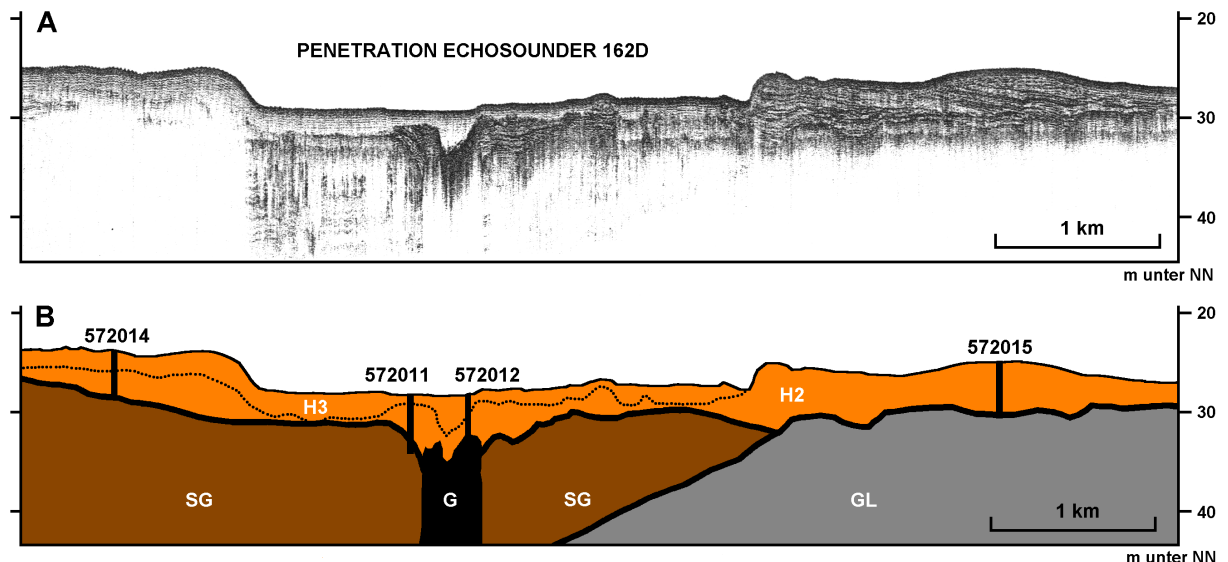
Dargestellt wird das Untersuchungsgebiet vor 9.000 Jahren BP (A) und 8.000 Jahren BP (B), rot: re-zente Küstenlinie, gelb: Land, hellblau: Salz-/Brackwasser, dunkelblau: Süßwasser, weiß-blau-Verlauf: Eisschild (nach STABELL & THIEDE 1986, verändert)

### Holozän 3 (H3)

Aufgrund des stetig steigenden Meeresspiegels wurde das Untersuchungsgebiet nach rund 1.000 Jahren wiederum vollständig transgrediert (BENNIKE et al. 2000). Die Landzunge wurde überflutet und die Isolierung des Untersuchungsgebiets vom Paläokattegat komplett aufgehoben (Abb. 8B). Mithilfe der  $^{14}\text{C}$ -Datierungen kann dieser Vorgang auf 8.300 bis 8.100 Jahre BP datiert werden. Die Beeinflussung durch den Zustrom von Süßwasser ließ nach, und im Untersuchungsgebiet stellten sich anschließend wieder überwiegend marine Umweltbedingungen ein.

Die Ablagerungen dieser Entwicklungsphase sind aus Lagen unterschiedlicher Korngrößen zusammengesetzt; die Sedimentationsbedingungen waren dementsprechend vermutlich sehr variabel. Schalen mariner Mollusken und Foraminiferen waren durchgängig nachweisbar. Sie indizieren eine große Wassertiefe, die mit abnehmender Tiefe weiter zunahm (BENNIKE et al. 2000).

Die H3-Sedimente sind nicht flächendeckend überliefert. Im Süden, Südwesten und Norden lagern sie mit unterschiedlichen Mächtigkeiten; im Südosten des Untersuchungsgebiets wurden sie vermutlich weitgehend erodiert (Abb. 9).



**Abb. 9:** Seismoakustisches Profil des südwestlichen Kattegats

Dargestellt wird das seismoakustische Profil (A) bzw. ein Schema dieses Profils (B), auf dem die für die aktuelle Untersuchung wichtigen Kernprofile liegen, siehe auch Abb. 7 (GL: Glazial, SG: Spätglazial, H2: Holozän 2, H3: Holozän 3, G: Gas).

Die Flora, die die Umweltbedingungen während der Transgression wahrscheinlich wenigstens annäherungsweise widerspiegelt, ist ausschließlich in Bk 572015 (Zone 3) erhalten. Als charakteristische Taxa treten dort *Actinoptychus senarius*, *Grammatophora oceanica*, *Opephora pacifica*, *Paralia sulcata* und *Podosira stelliger* auf, wobei *Paralia sulcata* die Thanathozönosen eindeutig dominiert. Das Artgefüge entspricht zu einem hohen Prozentsatz dem der Transgressionsflora, die in dem Sedimentabschnitt H1 überliefert ist. Auch der Anteil an Taxa mit stark verkieselten Schalen ist in beiden Abschnitten ähnlich hoch. Wahrscheinlich waren auch die Sedimentationsbedingungen in beiden Phasen ähnlich, und nur überaus robuste Schalen konnten die hohe mechanische Beanspruchung während der Transgressionen überdauern.

Im seismoakustischen Profil konnte der Sedimentabschnitt H3 nicht differenziert werden, da die Auflösung zu niedrig ist.

In den meisten Abschnitten des Untersuchungsgebiets lassen sich in den Ablagerungen der Phase H3 keine Diatomeenschalen nachweisen (Bk 572002, Zone 6; Bk

572013, Zone 3; Bk 572014, zwischen 216 und 0 cm T.). Die Ursachen dafür sind noch nicht bekannt. Direkt in der Umbruchphase war wahrscheinlich die Primärproduktion sehr niedrig, sodass kaum Diatomeenschalen deponiert wurden. Nach der Stabilisierung der Umweltbedingungen traten vermutlich andere Faktoren auf, die die Deposition von silifizierten Mikrofossilien weitgehend verhinderten. Wahrscheinlich war das Wasser  $\text{SiO}_2$ -untersättigt, sodass die Schalen schon vor der Einbettung im Sediment vollständig aufgelöst wurden. Eventuell wurden die Diatomeenschalen jedoch auch durch starke Strömungen verdriftet und in anderen Gewässerabschnitten abgelagert.

In zwei weiteren Kernprofilen wurden silifizierte Mikrofossilien in diesem Sedimentabschnitt überliefert. Die Diatomeenfloren sind jedoch höchstwahrscheinlich allochthonen Ursprungs, denn für die beiden Kernprofile 572011 und 572012 ergibt sich jeweils ein Widerspruch zwischen den von der Diatomeenflora abgeleiteten, ökostratigrafischen Aussagen und den Ergebnissen, die anhand des seismischen Profils (Abb. 9) und der Makrofossilanalyse gewonnen wurden (BENNIKE et al. 2000).

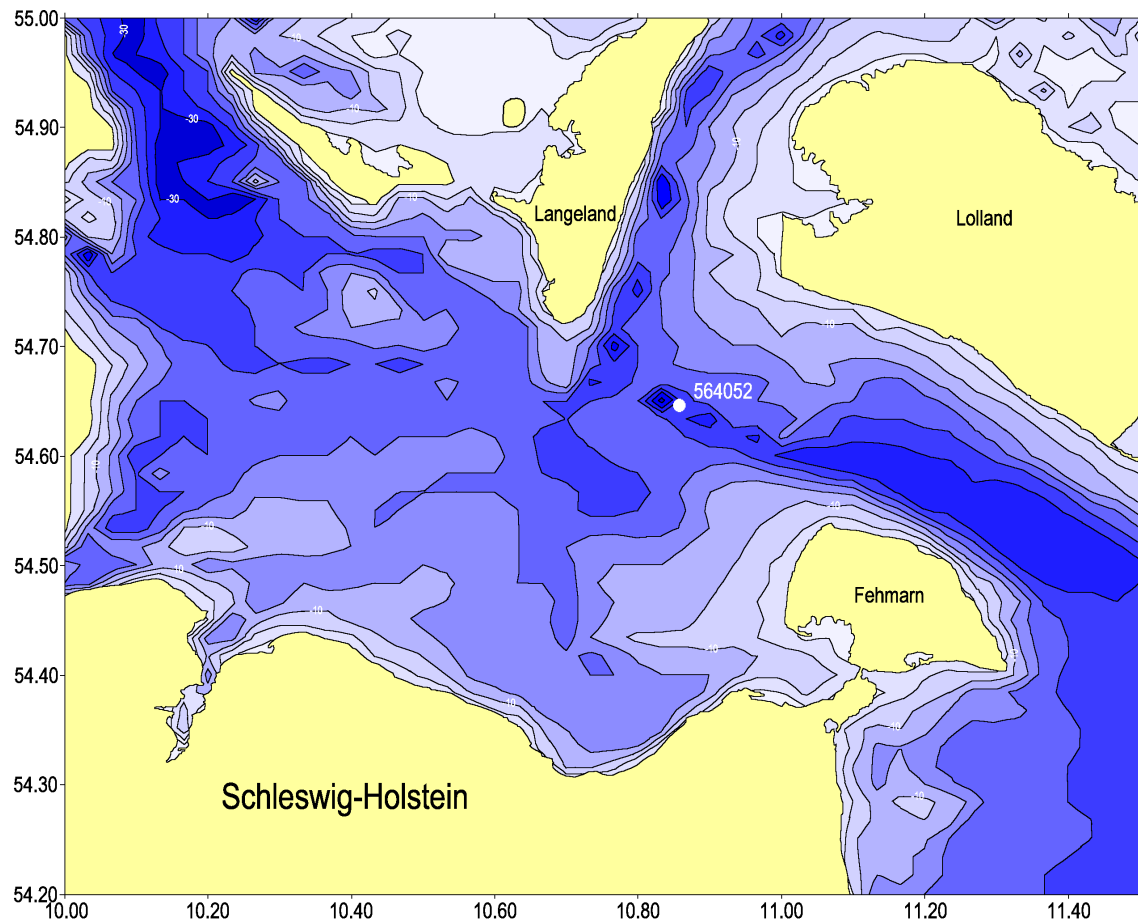
Während in Bk 572015 in dem Sedimentabschnitt H3 eine rein marine Flora, die typisch für Transgressionsphasen ist, und große Veränderungen im Artgefüge zwischen den Abschnitten H2 und H3 auftraten, waren in den entsprechenden Abschnitten der Kernprofile 572011 und 572012 hohe Anteile an oligohaloben Taxa und keine bzw. nur geringe Abweichungen zwischen den beiden Schichten vorhanden. Lediglich im Profil 572012 (Zone 2) waren die Unterschiede in der Artenzusammensetzung zwischen der Zone 2 und dem Liegenden groß genug, um eine Unterteilung in unterschiedliche Zonen zu rechtfertigen (Abb. A3-A). Im Kernprofil 572011 (Zone 4) waren die Unterschiede im Artgefüge geringer (Abb. A2-A), sodass eine weitere Unterteilung nicht gerechtfertigt war. In beiden Profilen lieferte die Analyse der autökologischen Ansprüche der Taxa nur schwache Hinweise auf eine Steigerung des thalassogenen Einflusses. Der Anteil der halobionten Arten steigt in beiden Profilen nicht signifikant an.

Die Analyse des seismischen Profils sowie die Untersuchung der Sedimentzusammensetzung und der Makrofossilien ergab, dass der obere Abschnitt der Zone 4 von Bk 572011 und die Zone 2 von Bk 572012 während der marinen Transgression deponiert wurden (BENNIKE et al. 2000). In ihnen konnten fast ausschließlich marine Makroorganismen, z. B. die Schalen von *Mytilus edulis*, *Balanus crenatus* und *Corbula*

*gibba*, nachgewiesen werden; auffällig ist auch, dass zwischen diesen Zonen und dem Liegenden ein deutlicher Wechsel in der Artenzusammensetzung auftrat (ibd.). Die Diskrepanz zwischen diesen unterschiedlichen Befunden lässt sich nach dem derzeitigen Erkenntnisstand noch nicht vollständig und befriedigend klären.

Wahrscheinlich wurden zu Beginn der Transgression Teile der H2-Sedimente durch starke Unterströmungen erodiert und in der kanalähnlichen Struktur, aus der die beiden Kernprofile stammen (Abb. 9), abgelagert. Bei den erodierten Ablagerungen handelte es sich wahrscheinlich um Material aus der näheren Umgebung, denn es treten keine Unterschiede im Grad der Fraktionierung und im Ausmaß der Korrosionsschäden an den Schalen auf. Die rein marine Makrofauna, die in beiden Profilen neben der überwiegend limnischen Mikroflora auftrat, lässt sich in diesem Fall ebenfalls durch Transportprozesse erklären. Die starken Unterströmungen transportierten die Schalen aus einem durch hohe Salzgehalte gekennzeichneten Gewässerabschnitt in das Untersuchungsgebiet. Da vermutlich gleichzeitig die Primärproduktion aufgrund der einschneidenden Umweltveränderungen rückläufig war, sind in den Ablagerungen keine steigenden Anteile an marinen Diatomeentaxa zu verzeichnen.

## Kernprofil aus der Kieler Bucht



**Abb. 10:** Die Kernstation in der Kieler Bucht

In dem Kernprofil 564052 konnten insgesamt 344 Diatomeentaxa aus 77 Gattungen identifiziert werden. Die Taxa sind in der Artenliste im Anhang aufgeführt (Tab. A1). Dort sind auch die Angaben über die Salinitätspräferenz, das Habitat, die pH-Präferenz, die Trophie-Klassifikation, das Temperaturoptimum und die Verbreitung, die in der aktuellen Arbeit zur Anwendung kamen, aufgeführt. Zusätzlich finden sich dort Angaben über verbreitete Synonyme bzw. Basionyme und Florenwerke, in denen Artbeschreibungen und Abbildungen zu finden sind.

## Bohrkern 564052

Das Kernprofil 564052 wurde aus dem nordöstlichen Teil der Kieler Bucht, südlich des Vinds Grav, entnommen und stammt aus einer Wassertiefe von 26,7 m. Eine Schale von *Cerastoderma lamarckii* aus dem Kernabschnitt zwischen 280 und 270 cm T. wurde auf ein Alter von  $7140 \pm 80$  Jahren BP, nach der Reservoir-Korrektur  $6.740 \pm 80$  Jahren BP, datiert. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 23 gegeben. Alle biostratigrafischen Ergebnisse werden in Abbildung A9-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 23:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 564052

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-30	mittelfeiner Sand	10YR 5/4	0-25 (in 5 cm-Abständen)
30-60	mittelfeiner Sand	10YR 5/4	30, 40
60-65	mittlerer Sand	10YR 5/4	60
65-240	mittelfeiner Sand	2.5Y 5/2	80-240
240-255	Ton/Schluff	2.5Y 5/2	250
255-560	Ton/Schluff	2.5Y 5/2 → 2.5Y 4/2	260-560 (in 20 cm-Abständen)

## Biostratigrafische Ergebnisse

Das Diatomeenspektrum ermöglicht eine Untergliederung der Sedimente in drei Zonen (zur Verbreitung der Chrysophyceen-Zysten, *Chaetoceros*-Sporen und Silicoflagellaten siehe Kapitel „Weitere Mikrofossilien“).

### Zone 1

Die Zone 1 umfasst den Abschnitt zwischen 560 und 350 cm T. Die Thanathozöosen werden von oligohaloben Taxa geprägt (66 bis 82 %). Dominant bzw. häufig sind *Amphora pediculus*, *Cocconeis neothumensis*, *Fragilaria brevistriata*, *Achnanthes clevei* und *Cocconeis pseudothumensis*. Mesohalobe Taxa sind mäßig individuenreich vertreten, sie stellen einen Anteil zwischen 12 und 28 %. Die wichtigsten Arten dieser Gruppe sind *Diploneis didyma*, *Fragilaria geocollegarum* und *Cocconeis hanniensis*. Der Anteil polyhalober Taxa ist in allen Proben niedrig; durchschnittlich treten 2,5 % auf. Der Halobienindex schwankt zwischen 30 und 43.

Benthische Arten dominieren in allen Schichten. Ihr durchschnittlicher Anteil beträgt 91 %, er sinkt nie unter 80 %.

Der überwiegende Teil der Taxa, durchschnittlich 55 %, ist als alkaliphil klassifiziert. Daneben treten durchschnittlich 20 % alkalibionte Taxa auf. Die Gruppe der circum-neutralen Taxa erreicht maximal 5 %. Zwischen 13 und 24 % der Taxa sind nicht eingestuft. Anhand dieser Anteile konnte für diese Zone ein durchschnittlicher pH-Wert zwischen 8,2 und 8,9 berechnet werden.

**Tab. 24:** Dominante und häufige Taxa in Zone 1, Bk 564052

Aufgeführt werden Taxa, die einen Anteil von  $\geq 4$  % erreichten. Es bedeuten oh: oligohalob, mh: mesohalob, b: benthisch, p: planktisch, alkf: alkaliphil, alkb: alkalibiont, am-eut:  $\alpha$ -meso-eutraphent, tol: tolerant, m: moderat, h: hoch.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	pH	Trophie	KoP
<i>Amphora pediculus</i>	24-18	oh	b	alkf	tol	m
<i>Cocconeis neothumensis</i>	18-7	oh	b	alkb	am-eut	
<i>Cyclotella radiosa</i>	10-0,5	oh	p	alkf		m
<i>Achnanthes clevei</i>	8-2	oh	b	alkf	am-eut	m
<i>Diploneis didyma</i>	6-0	mh	b			h
<i>Fragilaria brevistriata</i>	5-2	oh	b		tol	m
<i>Fragilaria geocollegarum</i>	5-1	mh	b			
<i>Cocconeis pseudothumensis</i>	5-0,7	oh	b			
<i>Aneumastus minor</i>	4-0,7	oh	b	alkb	am-eut	
<i>Cocconeis hauniensis</i>	4-0,5	mh	b			
<i>Epithemia sorex</i>	4-0,2	oh	b	alkb	am-eut	m

Zwischen 15 und 29 % der Taxa sind als  $\alpha$ -meso-eutraphent klassifiziert, zwischen 4 und 10 % als eutraphent. Oligotraphente, oligo- $\beta$ -mesotraphente und oligo- $\alpha$ -mesotraphente Taxa erreichen zusammen nie mehr als 1 %. Die Anzahl indikativer Taxa lag immer über 14. Anhand dieser Anteile konnten für den Trophie-Index Werte zwischen 3,9 und 4,2 ermittelt werden.

Der Erhaltungsgrad der Schalen ist moderat. Neben ausgesprochen grobverkiezelten Schalen, wie denen von *Epithemia turgida*, *Diploneis didyma* und *Paralia sulcata*, treten auch feiner verkiezelte Schalen, z. B. die Raphenschalen von *Achnanthes clevei*, vollständig erhalten und ohne größere Korrosionsschäden auf. Neben den gut erhaltenen auszählbaren Schalen ließen sich viele winzige Bruchstücke beobachten, die nicht mehr identifizierbar waren. Die Gesamtzahl der Taxa pro Probe schwankt zwischen 61(461) und 73(402).

Die strukturelle Ähnlichkeit der Thanathozönosen dieser Zone ist groß. Die Werte für die Dominanz-Identität liegen innerhalb dieser Probengruppe zwischen 56 und 75 %, wobei Werte von 60 % Identität nur selten unterschritten werden. Gleichzeitig ist diese Zone durch sehr niedrige Identitätswerte gut gegen die folgenden abgegrenzt (Abb. A9-B).

## **Zone 2**

Die Zone 2 erstreckt sich zwischen 350 und 240 cm T. Der Anteil oligohalober Taxa verringert sich mit abnehmender Teufe kontinuierlich von über 50 auf 5 %. Der Anteil der mesohaloben Taxa sinkt von 37 auf 11 %. Im Gegenzug steigt der Anteil der Polyhalobien von 17 auf 84 % an. Im unteren Abschnitt treten oligohalobe Arten wie *Epithemia turgida*, *Amphora pediculus* und *Cocconeis neothumensis* mit hohen Anteilen auf. Aus der Gruppe der mesohaloben Taxa sind *Planothidium delicatulum*, *Melosira moniliformis* und *Grammatophora oceanica* häufig. Im oberen Abschnitt dieser Zone dominieren polyhalobe Taxa, wie *Paralia sulcata*, *Dimeregramma minor*, *Catenula adhaerens* und *Hyalinella lateripunctata*.

In dieser Zone überwiegen benthische Formen (81 bis 90 %), nur in einer Teufe von 250 cm sinkt ihr Anteil kurzfristig auf 39 % ab. Dort überwiegt die benthisch/planktische Artengruppe, wobei fast der gesamte Anteil von *Paralia sulcata* gestellt wird. Die Berechnung des pH-Werts war in dieser Zone nicht möglich, da der Anteil der nicht eingestuften Taxa zwischen 45 und 96 % lag. Alkaliphile Taxa erreichen einen Anteil zwischen 34 und 4 %, alkalibionte zwischen 19 und 1 %.

Die Berechnung des Trophie-Index war nur im unteren Abschnitt dieser Zone möglich. Zwischen 350 und 280 cm T. betrug der Anteil an indikativen Arten zwischen 18 und 24 %. Ihre Anzahl sank nicht unter 15. Zwischen 17 und 22 % der Taxa sind als eutraphent, zwischen 3 und 11 % als  $\alpha$ -meso-eutraphent klassifiziert. Mithilfe dieser Angaben konnten für den Trophie-Index Werte zwischen 4,3 und 4,5 ermittelt werden.

Der Zustand der Schalen ist sehr unterschiedlich. Die stark verkieselten Schalen der Arten *Epithemia turgida*, *Diploneis bombus* und *Paralia sulcata* sind in der Regel gut erhalten, fein verkieselte sind häufig fraktioniert. Daneben liegen viele sehr kleine Schalenbruchstücke vor, die nicht mehr identifizierbar waren. Die Taxazahl pro Probe schwankt zwischen 48(505) und 78(422).



Die Ähnlichkeitsmatrix (Abb. A9-B) zeigt, dass sich die Thanathozönosen dieser Zone sehr deutlich voneinander unterscheiden. Nur direkt benachbarte Proben erreichen mit 68 % relativ hohe Identitätswerte, ansonsten ist die strukturelle Ähnlichkeit gering.

### **Zone 3**

Die Zone 3 erstreckt sich zwischen 240 und 0 cm T. Die Thanathozönosen dieses Abschnitts werden von halobionten Arten dominiert. Die Polyhalobien erreichen einen Anteil zwischen 77 und 93 %, die Mesohalobien 5 bis 19 %. Der Anteil der oligohaloben Taxa liegt immer unter 4 %.

Die Berechnung des durchschnittlichen pH-Werts und des Trophie-Index war in dieser Zone nicht möglich, da der Anteil und die Anzahl an indikativen Taxa in allen Proben zu niedrig waren.

Der Erhaltungsgrad der Schalen ist in der gesamten Zone moderat. Neben grobverkieselten Formen treten regelmäßig auch feinverkieselte auf; die Schalen beider Gruppen sind teilweise stark fraktioniert. Außerdem lassen sich zahlreiche kleine Bruchstücke beobachten, die nicht zu identifizieren waren.

Ungeachtet der gleichmäßigen Verteilung der halobionten Arten treten in dieser Zone beträchtliche Unterschiede im Artgefüge auf. Anhand der stark variierenden Werte für die Dominanz-Identität wurde eine Unterteilung in zwei Subzonen vorgenommen. Die Thanathozönosen der einzelnen Subzonen unterscheiden sich vor allem durch unterschiedliche Anteile an Planktonorganismen und an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial voneinander.

Die **Subzone 1** erstreckt sich zwischen 240 und 28 cm T. Die Werte für die Dominanz-Identität fallen in dieser Probengruppe nie unter 52% (Abb. A9-B).

Es dominieren benthische Taxa wie *Catenula adhaerens*, *Plagiogramma staurophorum*, *Hyalinella lateripunctata*, *Dimeregramma minor* und *Grammatophora oceanica* (Fig. 4: 9-18). Insgesamt liegt der Anteil der benthischen Arten zwischen 68 und 91 %. Ein häufiger Vertreter der benthisch/planktischen Gruppe mit einem Anteil zwischen 8 und 27 % ist *Paralia sulcata*. Die planktischen Arten erreichen maximal 5 %. Eine Ausnahme bildet die Probe aus 30 cm T., hier steigt der Anteil der planktischen Taxa auf 14 % an.

Eine deutliche Anreicherung von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial kann festgestellt werden. Stellenweise wird ein Anteil von 43 % erreicht. Es tritt jedoch

auch ein hoher Anteil (zwischen 3 und 25 %) an Schalen mit geringem Konservierungspotenzial auf. Die Artenzahl schwankt zwischen 39(431) und 68(401).

**Tab. 25:** Dominante und häufige Taxa in Zone 3, Subzone 1, Bk 564052

Aufgeführt werden Taxa, die einen Anteil von  $\geq 5$  % erreichen. Es bedeuten ph: polyhalob, eh: euryhalin, mh: mesohalob, b: benthisch, p: planktisch, n: niedrig, m: moderat, h: hoch.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	KoP
<i>Paralia sulcata</i>	26-6	ph eh	bp	h
<i>Catenula adhaerens</i>	24-2	ph	b	n
<i>Hyalinella lateripunctata</i>	16-9	ph eh	b	
<i>Grammatophora oceanica</i>	12-3	mh	b	m
<i>Dimeregramma minor</i>	11-5	ph	b	h
<i>Opephora marina</i>	10-3	ph eh	b	m
<i>Thalassiosira angulata</i>	10-0	ph	p	
<i>Grammatophora marina</i>	8-0	ph eh	b	m
<i>Plagiogramma staurophorum</i>	6-2	ph	b	h
<i>Cocconeis</i> sp.	5-1	ph eh	b	
<i>Ehrenbergia granulosa</i>	5-1	ph	b	m

Die **Subzone 2** umfasst den Abschnitt zwischen 28 und 0 cm T. Die Anteile der Taxa mit unterschiedlicher Lebensform schwanken sehr stark und relativ diskontinuierlich. Zu den wichtigsten planktischen Arten gehören *Thalassiosira angulata* und *Thalassionema nitzschioides*. Die planktische Artengruppe erreicht einen Anteil zwischen 13 und 71 %. Daneben treten aus der Gruppe der benthischen Taxa, insgesamt zwischen 22 und 74 %, *Hyalinella lateripunctata* und *Catenula adhaerens* häufig auf. Aus der benthisch/planktischen Artengruppe (6 bis 15 %) erreichen *Thalassiosira proschkiniae* und *Paralia sulcata* die höchsten Anteile.

In Subzone 2 verringert sich der Anteil an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial auf durchschnittlich 15 %, wobei der Anteil nicht eingestufte Taxa mit knapp 50 % sehr hoch ist. Die Artenzahl schwankt zwischen 40(401) und 85(404).

Besonders die Werte, die für die jüngste Probe aus dieser Subzone erzielt werden, sind auffällig. Hier tritt mit 71 % eine erhebliche Erhöhung des Anteils planktischer Arten auf. Der Anteil der benthischen Arten ist mit 22 % deutlich reduziert. *Thalassiosira angulata* (64 %) dominiert die Thanathozönose. Daneben treten *Thalassiosira proschkiniae* (6 %) und *Hyalinella lateripunctata* (4 %) auf.

Die Artenzahl ist mit 40(401) Taxa im Vergleich zu den älteren Abschnitten sehr niedrig. Nur 2 % der Schalen besitzen ein hohes Konservierungspotenzial, allerdings sind insgesamt nur 20 % der Taxa eingestuft.

**Tab. 26:** Dominante und häufige Taxa in Zone 3, Subzone 2, Bk 564052

Aufgeführt werden Taxa, die einen Anteil von  $\geq 5\%$  erreichen. Es bedeuten ph: polyhalob, eh: euryhalin, mh: mesohalob, b: benthisch, p: planktisch, n: niedrig, m: moderat, h: hoch.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	KoP
<i>Thalassiosira angulata</i>	31-10	ph	p	
<i>Hyalinella lateripunctata</i>	17-9	ph eh	b	
<i>Catenula adhaerens</i>	13-5	ph	b	n
<i>Thalassiosira proschkiniae</i>	11-2	mh	bp	
<i>Paralia sulcata</i>	8-2	ph eh	bp	h
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	6-1	ph	p	m
<i>Ehrenbergia granulosa</i>	5-2	ph	b	m
<i>Grammatophora oceanica</i>	5-2	mh	b	m
<i>Dimeregramma minor</i>	5-1	ph	b	h

## Biostratigrafische Auswertung

### Zone 1

Süßwassertaxa dominieren in allen Proben der Zone 1. Der Anteil an mesohaloben Taxa ist jedoch relativ hoch. Es tritt sogar ein geringer Anteil an euryhalinen Polyhalobien auf. Schon die Analyse der autökologischen Ansprüche der Taxa deutet somit darauf hin, dass der Salzgehalt im Paläogewässer deutlich über dem für limnische Gewässer geltenden Maximalwert von 0,5 ‰ (BREHM & MEIJERING 1996) lag. Die hohen Werte, die für den Halobienindex ermittelt wurden, bestätigen dieses Ergebnis; nach der Einteilung von ZIEMANN (1997b) handelt es sich um ein  $\beta$ -mesohalobes Gewässer. Solche Gewässer sind durch einen Chloridgehalt zwischen 600 und 5.000 mg/l gekennzeichnet. Das entspricht einem maximalen Salzgehalt von rund 9 ‰. Das Ionenspektrum des Paläogewässers wurde dementsprechend nicht von  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  sondern deutlich von NaCl dominiert (ibid.). Dabei ist zu beachten, dass der Halobienindex primär nicht zur Rekonstruktion des Salzgehalts dient und an geogen belasteten Binnengewässern geeicht wurde. In neueren Publikationen wird die

Anwendung auf thalassogen beeinflusste Gewässer jedoch nicht ausgeschlossen (ZIEMANN et al. 1999).

In den Thanathozönosen überwiegen die benthischen Arten stark, reine Planktonorganismen treten regelmäßig, jedoch nur mit einem niedrigen Anteil, auf. Das deutet auf einen eher flachen Gewässerabschnitt als Ursprungsort hin. Wahrscheinlich lag die Paläowassertiefe zwischen 5 und 15 m.

Eine Kumulation von Arten eines bestimmten Substrattyps ist nicht zu beobachten; neben den Planktonorganismen traten auch epilithische, epiphytische und epipeltische Taxa auf. Die Thanathozönosen bestehen also aus dem zu erwartenden Gemisch von Arten unterschiedlicher Standorte.

Die Rekonstruktion des trophischen Status ist aufgrund der hohen Anzahl und Anteile indikativer Taxa in allen Proben gut abgesichert. Aus der Gruppe der indikativen Taxa erreichen die  $\alpha$ -meso-eutraphenten und die eutraphenten Artengruppen die höchsten Anteile. Anhand der berechneten Trophie-Indices lässt sich das Paläogewässer als durchgängig meso- bis schwach eutroph charakterisieren.

Auch die Rekonstruktion des durchschnittlichen pH-Werts basiert in allen Proben auf einem hohen Anteil klassifizierter Arten. Alkaliphile Taxa dominieren deutlich; daneben tritt ein hoher Anteil alkalibionter Taxa auf. Der berechnete durchschnittliche pH-Wert liegt immer über 8,2; der pH-Wert des Paläogewässers lag also während des gesamten Ablagerungszeitraums deutlich im alkalischen Bereich.

Mit einem geringen Anteil an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial, dem moderaten Erhaltungsgrad der Schalen und hohen Artenzahlen treten zahlreiche Merkmale für eine hohe Authentizität der Thanathozönosen auf. Neben den identifizierbaren Schalen, die wahrscheinlich der Ausgangspopulation entstammen, ließen sich in allen Proben auch sehr viele winzige Bruchstücke beobachten, die nicht identifiziert werden konnten. Da die Unterschiede im Erhaltungsgrad deutlich waren, handelt es sich bei diesen Bruchstücken um Schalen allochthonen Ursprungs, die vermutlich über weite Strecken transportiert und mehrmals umgelagert worden sind.

Die Ablagerungen der Zone 1 sind im Holozän in einem schwach eutrophen, alkalischen Gewässer deponiert worden. Der Salzgehalt des Paläogewässers war deutlich erhöht und erreichte wahrscheinlich maximal den Wert von 9 ‰. Die Paläowassertiefe hat vermutlich 15 m nicht überschritten.

## Zone 2

Innerhalb der Zone 2 gibt es deutliche Hinweise darauf, dass das Paläomilieu während des Sedimentationszeitraums kontinuierlich Veränderungen unterworfen war. Die Werte für die Dominanz-Identität sind sehr niedrig; von Probe zu Probe verändert sich das Artgefüge der Thanathozönosen merklich (Abb. A9-B).

Diese Veränderungen betreffen vor allem die Salinität des Wassers; im Ablagerungszeitraum stieg der Salzgehalt im Paläogewässer stetig an. Das spiegelt sich in der Artenzusammensetzung der Diatomeenflora wider. Die mesohaloben Arten haben in dieser Zone ihren Verbreitungsschwerpunkt, und mit abnehmender Teufe verringert sich der Anteil der Oligohalobien kontinuierlich, während der der polyhaloben Taxa ansteigt.

Gleichzeitig liefert die Diatomeenflora in den Sedimenten der gesamten Zone keine Hinweise auf eine Erhöhung des Wasserspiegels. Der Anteil der benthisch/planktischen Artengruppe ist zwar im Vergleich zum Liegenden schon im unteren Abschnitt dieser Zone leicht erhöht, und im oberen Abschnitt steigt er sogar außerordentlich stark an, da sich der Anteil der planktischen Taxa jedoch währenddessen verringert, ist eine Erhöhung des Wasserspiegels als Ursache dafür auszuschließen.

Im obersten Abschnitt dieser Zone, in 250 cm T., treten zahlreiche Anzeichen auf einen sprunghaften und deutlichen Wandel im Paläomilieu auf, der wahrscheinlich eine Folge der Etablierung einer beständigen Verbindung zwischen Kattegat, Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht und Arkonabecken war. In diesem Abschnitt verringerte sich sowohl die Artenzahl als auch die Schalenkonzentration deutlich, und der Anteil an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial nahm drastisch zu, während schwach verkieselte Schalen nur selten nachzuweisen waren. Vor allem die Überflutung der Darßer Schwelle führte dazu, dass sich die Mengen an einfließendem Salz- und ausfließendem Süßwasser deutlich erhöhten und sich infolgedessen die Strömungen im Paläogewässer verstärkten. Außerdem stieg die Salinität sprunghaft an, und es kam zu einem Rückgang der Primärproduktion. Diese nahm erst wieder zu, als sich die Umweltbedingungen stabilisierten.

Der kontinuierliche Einstrom von Salzwasser und der wahrscheinlich sprunghafte Anstieg der Salinität führten zu erheblichen Veränderungen im Artgefüge der Diatomeenflora, vor allem polyhalobe euryhaline Arten traten individuenreich auf. Auffällig ist, dass der Anteil der benthisch/planktischen Artengruppe fast ausschließlich durch ein

einziges Taxon, *Paralia sulcata*, repräsentiert wird. Eine Folge der verstärkten Bodenströmungen war wahrscheinlich, dass hauptsächlich Taxa wie *Paralia sulcata* und *Dimeregramma minor* überliefert wurden, deren sehr robuste Schalen die große mechanische Beanspruchung überstanden. Arten mit nur schwach verkieselten Schalen, z. B. *Catenula adhaerens*, fehlen dahingegen in diesem Sedimentabschnitt fast vollständig, während sie sowohl im Liegenden als auch im Hangenden individuenreich vertreten sind. Auch die deutlich reduzierte Artenzahl resultiert daraus. Zudem weist sie – zusammen mit der deutlich herabgesetzten Konzentration an Diatomeenschalen in diesem Sedimentabschnitt – auf einen durch die Instabilität der Paläoumgebung hervorgerufenen Rückgang der Primärproduktion hin.

Eine Rekonstruktion des trophischen Status mithilfe des Trophie-Index nach HOFMANN (1994) war nur im unteren Abschnitt dieser Zone, zwischen 350 und 280 cm T., möglich. Die Werte für den Trophie-Index liegen dezidiert über 4. Dementsprechend kann das Paläogewässer als deutlich eutroph klassifiziert werden. Dieses Ergebnis wird durch die Einbeziehung weiterer Einstufungen bestätigt (DENYS 1991; VAN DAM et al. 1994; VOIGT 1996; LANGE-BERTALOT 1996). Für die Mehrzahl der meso- und polyhaloben Taxa, die in den jüngeren Sedimentabschnitten (280 bis 240 cm T.) dieser Zone auftreten, liegt zwar keine Einstufung vor, da Meerwasser in den gemäßigten Breiten jedoch immer eutroph ist, kann eine Absenkung des TP-Gehalts auch in diesem Sedimentationszeitraum ausgeschlossen werden.

Die Berechnung des durchschnittlichen pH-Werts nach ARZET (1987) war nicht möglich, da der Anteil der eingestuften Taxa zu niedrig war. Der Schwerpunkt der indikativen Taxa lag jedoch eindeutig auf den als alkaliphil und alkalibiont eingestuften Artengruppen. Da außerdem der Wechsel in der Artenzusammensetzung auf dem Einstrom von Meerwasser mit einem konstanten pH-Wert zwischen 7,4 und 8,5 basiert, lag der pH-Wert des Paläogewässers wahrscheinlich im alkalischen Bereich und vermutlich ebenfalls innerhalb dieser Grenzen.

Die Ablagerungen der Zone 2 entstanden im Holozän während des Übergangs vom Mastogloia- zum Littorina-Stadium. Sie wurden in einem alkalischen, eutrophen, flachen Gewässer deponiert, dessen Salzgehalt im Ablagerungszeitraum kontinuierlich anstieg. Der Höhepunkt im Auftreten von *Paralia sulcata* markiert wahrscheinlich den Zeitpunkt, an dem sich eine ständige Verbindung zwischen Kattegat und Arkonabekken etablierte.

### Zone 3

Die Thanathozönosen der Zone 3 sind fast ausschließlich aus halobionten Taxa zusammengesetzt. Dabei dominiert deutlich die Artengruppe der Polyhalobien. Eine exakte Rekonstruktion des Salzgehalts anhand der Diatomeenflora ist nach dem derzeitigen Erkenntnisstand noch nicht möglich, lediglich der Bereich ist eingrenzbar. Die Grenze zum vollmarinen Milieu mit einem Salzgehalt über 30 ‰ wurde sicherlich nicht überschritten, denn der Anteil an mesohaloben Arten ist mit bis zu 19 % durchgängig zu hoch, und es tritt nur ein geringer Anteil an polyhaloben Taxa mit engem Salinitätsspektrum auf. Nach unten lässt sich der Bereich durch die relativ hohen Anteile an nach PANKOW (1990) als polyhalob meioeuryhalin und polyhalob mesoeuryhalin eingestuften Arten abgrenzen. Der Salzgehalt des Paläogewässers lag somit sehr wahrscheinlich über 17 ‰.

Im Sedimentationszeitraum waren die Veränderungen in der Salinität höchstens gering; lediglich in den jüngeren Abschnitten dieser Zone deutet die Artenzusammensetzung einen schwachen Rückgang im Salzgehalt an. Die Schalen oligohalober Taxa, die regelmäßig im gesamten Sedimentabschnitt auftraten, wurden wahrscheinlich vom umgebenden Festland eingeschwemmt und sind somit allochthonen Ursprungs. In **Subzone 1** (L1) lässt die Artenzusammensetzung keinen Rückschluss auf eine Erhöhung des Wasserspiegels zu. Benthische Taxa dominieren deutlich; reine Planktonorganismen sind immer noch selten. Erst in den jüngeren Sedimentabschnitten dieser Subzone treten sie wieder häufiger auf.

Der verhältnismäßig hohe Anteil an Schalen mit niedrigem Konservierungspotenzial deutet zunächst an, dass die Beeinflussung der Ausgangspopulation während der Sedimentation als gering eingestuft werden kann. Daneben liegen allerdings auch viele robuste Schalen vor, und die Thanathozönosen werden von *Paralia sulcata* dominiert. Eine geringfügige Beeinflussung kann also nicht ausgeschlossen werden.

In **Subzone 2** (L2) ist der Anteil der planktischen Taxa im Vergleich zum Liegenden deutlich gestiegen, und mit abnehmender Teufe unterliegt er erheblichen Schwankungen. Das gilt ebenso für den Anteil der benthisch/planktischen Artengruppe. Dieser Wechsel in den Dominanzverhältnissen deutet entweder auf einen Anstieg des Wasserspiegels oder, was wahrscheinlicher ist, auf Veränderungen in der Strömungsgeschwindigkeit hin.

Auch in diesem Abschnitt sprechen alle Anzeichen für eine hohe Authentizität der Thanathozöosen. Der Anteil an Schalen mit hohem Konservierungspotenzial ist sogar deutlich niedriger als im Liegenden, wobei allerdings für einen großen Teil der Schalen, die durchweg gut erhalten sind, keine Einstufung vorliegt. Wahrscheinlich stellt die Thanathozöose jedoch ein verhältnismäßig genaues Abbild der Ausgangspopulation dar.

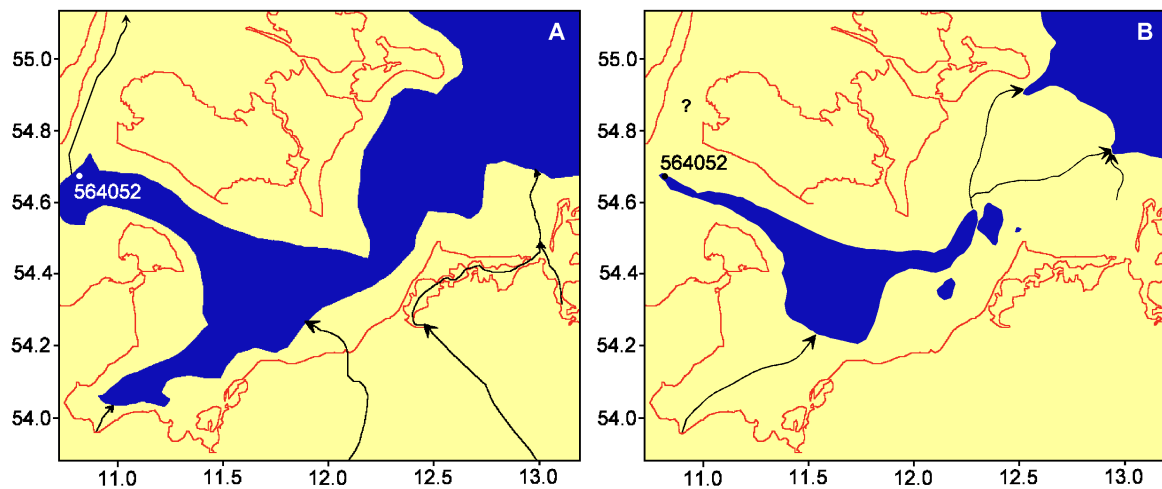
Die Ablagerungen der Zone 3 sind im Holozän in einem marin geprägten Gewässer deponiert worden. Im Ablagerungszeitraum wurde ein Salzgehalt zwischen 17 und 30 ‰ erreicht. Des Weiteren indiziert die Diatomeenflora Veränderungen in der Strömungsgeschwindigkeit bzw. einen Anstieg des Wasserspiegels in dieser Phase.



## Landschaftsentwicklung der Kieler Bucht

### Frühes Holozän (Ancylus)

Im frühen Holozän, während der maximalen Transgressionsphase des Ancylus-Sees vor rund 9.300 Jahren BP, erreichte der maximale Wasserspiegel eine Höhe von ca. 19 m unter NN (LEMKE 1998; JENSEN et al. 1999). Der Ancylus-See erstreckte sich bis in die Kieler Bucht hinein (Abb. 11A) und entwässerte wahrscheinlich über den Langeland-Belt in das Paläokattegat (ibd.).



**Abb. 11:** Paläogeografische Karten der Kieler Bucht und der Mecklenburger Bucht  
Dargestellt wird der nordöstliche Abschnitt des Untersuchungsgebiets und die Mecklenburger Bucht während der maximalen Transgressionsphase des Ancylus-Sees vor ca. 9.300 Jahren BP (A) und nach der anschließenden Regression vor ca. 9.200 Jahren BP (B), (rot: rezente Küstenlinie, gelb: Land, dunkelblau: Süßwasser, •564052: Kernstation, →: Entwässerungsrichtung; aus LEMKE 1998).

Während der anschließenden Regression sank der Wasserspiegel ab, und die Verbindung, die zwischen Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht und Arkonabecken bestand, wurde in Höhe der Darßer Schwelle unterbrochen (Abb. 11B). In der Mecklenburger Bucht blieb ein Süßwassersee erhalten, der sich über den Fehmarnbelt bis in die Kieler Bucht erstreckte (LEMKE 1998; JENSEN et al. 1999).

### Atlantikum (Mastogloia)

Der eustatische Anstieg des Meeresspiegels führte, nachdem die Schwellenhöhe von ca. 27 m unter NN erreicht worden war, zu Meerwasserintrusionen in die Kieler Bucht (WINN 1974). Diese über den Großen Belt erfolgenden Salzwassereinbrüche kennzeichnen den Beginn der Mastogloia-Phase.

ERONEN et al. (1990) ermittelten für erste Anzeichen eines steigenden Salzgehalts in der benachbarten Mecklenburger Bucht ein Alter zwischen 8.500 und 8.000 Jahren BP; LANGE (1984, zitiert in LEMKE 1998) gab für die Mecklenburger Bucht ein Alter von 8.300 Jahren BP an. WINN & AVERDIECK (1984) datierten erste marine Einflüsse in der Kieler Bucht ebenfalls auf das frühe Atlantikum.

Die Ingressionen erfolgten anfänglich wahrscheinlich nur sporadisch und führten lediglich zu einer schwachen Erhöhung der Salinität (WINN & AVERDIECK 1984; WINN et al. 1988; LEMKE et al. 1995; LEMKE 1998). In dieser Phase wurden in der Mecklenburger Bucht brackische Ablagerungen mit Mächtigkeiten von mehreren Metern deponiert (LEMKE 1998). Der Übergang zu marinen Verhältnissen lief anschließend wahrscheinlich rasch ab; in der Mecklenburger Bucht wird der Übergang vom brackigen zum marinen Milieu auf den Zeitraum zwischen 7.500 und 7.000 Jahren BP festgelegt, wobei sich marine Bedingungen keinesfalls vor 7.200 Jahren BP etablierten (LEMKE 1998). Insgesamt dauerte das Brackwasser-Stadium in diesem Teil der westlichen Ostsee also rund 1.000 Jahre.

Die Ablagerungen der Mastogloia-Phase konnten aufgrund von deutlichen Unterschieden im Artgefüge der Diatomeenflora in zwei Abschnitte – M1 und M2 – untergliedert werden. Der Abschnitt M1 wurde unter ruhigen Sedimentationsbedingungen deponiert; das Sediment ist aus Ton und Schluff zusammengesetzt. Während der Sedimentation des jüngeren Abschnitts M2 lagen andere Umweltbedingungen vor; die Zusammensetzung aus feinen Sanden spricht für eine überwiegend raue Sedimentationsumgebung. Ähnlich wie in der Mecklenburger Bucht wurden auch in der Kieler Bucht in der Mastogloia-Phase erhebliche Sedimentmengen abgelagert.

### **Mastogloia1 (M1)**

Der Sedimentabschnitt M1 wurde in der Phase des Mastogloia-Stadiums deponiert, in der der Wasseraustausch zwischen Kieler Bucht und Kattegat noch gering war. Wahrscheinlich erfolgten die Salzwassereinbrüche aus dem Norden lediglich sporadisch.

Die Diatomeenflora, die in den Sedimenten dieser Entwicklungsphase beobachtet werden konnte, indiziert ein schwach brackiges Paläomilieu; neben den dominierenden oligohaloben Arten traten kontinuierlich auch halophile, mesohalobe und polyhalobe Taxa auf. Die Schwankungen in den Anteilen der einzelnen Artengruppen waren gering; ähnliches gilt vermutlich für die Variationen in der Paläosalinität. Mithil-

fe des Halobienindex nach ZIEMANN (1971) ließ sich ein Paläosalzgehalt von maximal 9 ‰ rekonstruieren. Dieser Wert stimmt gut mit den Ergebnissen der Sauerstoff-isotopen-Messung von WINN et al. (1988) überein; sie gaben für die Kieler Bucht einen Paläosalzgehalt von 10 ‰ für die brackige Prä-Littorina-Phase an.

Die Gleichförmigkeit der brackischen Ablagerungen deutet darauf hin, dass die Salzwassereinbrüche über einen längeren Zeitraum hinweg ausgesprochen regelmäßig erfolgten. Trotzdem hatte der Zustrom von Meerwasser aus dem Paläokattegat in diesem Entwicklungsabschnitt wahrscheinlich noch keinen signifikanten Einfluss auf den Wasserspiegel in der Kieler Bucht. Der hohe Anteil an benthischen Organismen weist auf einen flachen Gewässerabschnitt als Ursprungsort hin. Der Paläowasserspiegel lag bei ca. 20 m unter NN (Lemke et al. 1995), und die Diatomeenflora liefert keine Hinweise auf Veränderungen während des Ablagerungszeitraums.

Des Weiteren war die Paläoumwelt in dieser Phase der Entwicklung durch einen hohen durchschnittlichen pH-Wert und TP-Gehalt gekennzeichnet; das Artgefüge indiziert eutrophe und alkalische Bedingungen.

Charakteristische oligohalobe Taxa dieses Sedimentabschnitts waren *Amphora pediculus*, *Cocconeis neothumensis*, *C. pseudothumensis*, *Achnanthes clevei*, *Fragilaria brevistriata* und *Cyclotella radiosa*. Aus der Gruppe der halobionten Arten traten *Cocconeis hauniensis*, *Cyclotella choctawhatcheana*, *Diploneis smithii* var. *rhombica*, *Fragilaria geocollegarum*, *Mastogloia smithii*, *Nitzschia levidensis* und *Planothidium delicatulum* gehäuft auf.

Ein ähnliches Artgefüge trat in der Mecklenburger Bucht auf. Die Thanathozönosen dort sind durch vergleichbare Artenzusammensetzungen und Dominanzverhältnisse gekennzeichnet; sie wurden auf ein Alter von  $7.650 \pm 150$  Jahre BP datiert (WITKOWSKI in LEMKE 1998).

Obwohl aufgrund des Herkunftsortes des Salzwassers die Möglichkeit besteht, dass die Schalen der halobionten Taxa allochthonen Ursprungs sind, gibt es in der aktuellen Untersuchung keine Hinweise darauf, dass sie aus dem Paläokattegat eingespült wurden. Sie sind weder stärker fraktioniert noch zeigen sie größere Lösungsschäden. Es handelt sich auch nicht um Taxa, deren Schalen durch ein hohes Konservierungspotenzial gekennzeichnet sind. Außerdem wäre, wenn es sich um eingespülte Schalen handelte, vor allem mit einem erhöhten Anteil an marinen Planktonorganismen zu rechnen, da diese häufiger über weite Strecken hinweg verdriftet werden (Si-

MONSEN 1969; VOS & DE WOLF 1993a, 1993b). Das Gros der halobionten Arten ist jedoch als benthisch und mesohalob klassifiziert. Auch die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Artengruppen, ihre Salinitätspräferenzen betreffend, spricht dafür, dass es sich bei den Thanathozönosen um die überlieferten Schalen wenig beeinflusster bzw. wenig gestörter Ausgangspopulationen handelt. Eine Beimischung von eemzeitlichen Ablagerungen kann ebenfalls weitgehend ausgeschlossen werden, da sich die Artenzusammensetzungen grundlegend unterscheiden (GRÖNLUND 1994).

### **Mastogloia2 (M2)**

Nachdem sich aufgrund des stetig steigenden Meeresspiegels zwischen der Kieler Bucht und dem Paläokattegat eine stabile Verbindung aufgebaut hatte, konnte kontinuierlich Salzwasser in das Untersuchungsgebiet eindringen, wodurch der Salzgehalt im Paläogewässer der Kieler Bucht rasch und deutlich anstieg (WINN et al. 1988; LEMKE 1998). Vor rund 7.000 Jahren BP endete die Mastogloia-Phase in diesem Teil der westlichen Ostsee (WINN et al. 1988; LEMKE et al. 1995; LEMKE 1998).

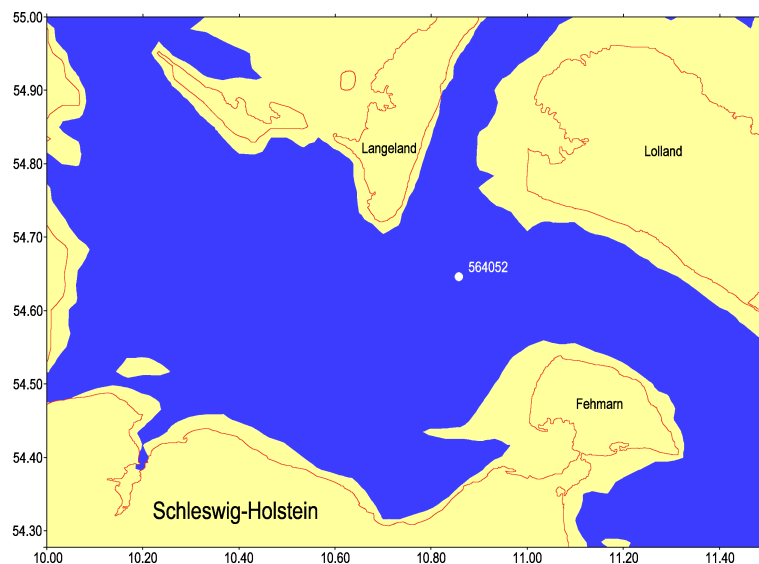
Diese Entwicklungsphase zeichnet sich durch einen kontinuierlichen Anstieg der Paläosalinität aus. Die Diatomeenflora indiziert ein Ansteigen von durchschnittlich 9 ‰ auf mindestens 17 ‰; 30 ‰ wurden wahrscheinlich nicht erreicht. Eine präzisere Eingrenzung ist nach dem heutigen Kenntnisstand mithilfe der Diatomeenflora nicht möglich. WINN et al. (1988) rekonstruierten anhand der Foraminiferen-Fauna und der Sauerstoffisotopen-Messung einen Anstieg des Salzgehalts auf maximal 24 ‰.

Der kontinuierliche Einstrom des Meerwassers hatte deutliche Auswirkungen auf das Artgefüge der Diatomeenflora. Die Abfolge der die Thanathozönosen dominierenden Taxa – *Epithemia turgida* → *Diploneis didyma* → *Paralia sulcata* – veranschaulicht den sukzessiven Artenwechsel von überwiegend oligohaloben zu vornehmlich polyhaloben Taxa, der durch den graduellen Anstieg in der Salinität hervorgerufen wurde.

Während der Ionengehalt des Wassers durch die Ingression erheblich gesteigert wurde, veränderten sich der durchschnittliche pH-Wert und der TP-Gehalt nur geringfügig; das Artgefüge der Diatomeenflora indiziert anhaltend alkalische Bedingungen, während der TP-Gehalt in diesem Zeitraum wahrscheinlich schwach anstieg. WINN et al. (1988) ermittelten für den Zeitraum zwischen 8.000 und 7.000 Jahren BP einen Anstieg des Wasserspiegels von 27 m auf 10 m unter NN (Abb. 11B,12). Ähnliche Ergebnisse erzielte LEMKE (1998) für die Mecklenburger Bucht; er rekonstruierte

einen drastischen Wasserspiegelanstieg in dem Zeitraum zwischen 7.500 und 7.000 Jahren BP.

Im Gegensatz dazu liefert die Diatomeenflora jedoch keinen Hinweis auf eine Erhöhung des Wasserspiegels. Im Vergleich zum Liegenden lässt sich sogar ein deutlicher Rückgang der Planktonorganismen beobachten, obwohl für den Ablagerungszeitraum eine Paläowassertiefe von rund 20 m rekonstruiert werden kann. Das betreffende Kernprofil stammt aus einer Wassertiefe von 26,7 m und der Sedimentabschnitt M2 aus einer Teufe von 3,5 m. Wahrscheinlich führten starke, bodennahe Strömungen, die durch die Ingression verursacht wurden, dazu, dass die Planktonorganismen verdriftet wurden. Ihre Sedimentation erfolgte wahrscheinlich an anderer Stelle.



**Abb. 12:** Paläogeografische Karte der Kieler Bucht

Dargestellt wird das Untersuchungsgebiet am Ende der Mastogloia-Phase vor ca. 7.000 Jahren BP bei einem Wasserspiegel in der Höhe von 10 m unter NN. Die Rekonstruktion der Paläoküstenlinie erfolgte schematisch anhand der rezenten Isobathen (rot: rezente Küstenlinie, gelb: Land, blau: Brackwasser, •564052: Kernstation).

Schalenmaterial der Muschel *Cerastoderma lamarckii* aus dem Abschnitt zwischen 280 und 270 cm T. wurde auf ein Alter von  $7.140 \pm 80$  Jahren BP datiert; die Angabe erfolgt hier ausnahmsweise in nicht reservoirkorrigierten  $^{14}\text{C}$ -Jahren, um den Vergleich mit den Angaben in der Literatur zu ermöglichen. Die Diatomeenflora indiziert, dass der Übergang vom brackigen zum marinen Milieu zu diesem Zeitpunkt noch nicht vollständig abgeschlossen war. Das bedeutet, dass sich in der Kieler Bucht frühestens vor 7.100 Jahren BP marine Verhältnisse etabliert hatten. Dieses Ergebnis

steht im Einklang mit den Angaben von LEMKE (1998). Er benannte den Zeitraum zwischen 7.500 und 7.000 Jahren BP für den Übergang von brackigen zu marinen Verhältnissen in der Mecklenburger Bucht und stellte anhand von Diatomeen- und Molluskenfunden fest, dass sich dort ein marines Milieu erst nach der Überflutung der Darßer Schwelle, also nicht vor 7.200 Jahren BP, eingestellt hat.

Gleichzeitig häufen sich die Hinweise darauf, dass im Bornholmbecken schon vor mehr als 8.000 Jahren BP ein brackiges Milieu vorlag. An der Küste von Blekinge wurden Diatomeen- und Molluskenschalen nachgewiesen, die Brackwasser indizieren und deutlich älter als 8.000 Jahre BP waren (BERGLUND 1964; ANDRÉN et al. 2000). Diese Befunde werfen die Frage der zeitlichen und räumlichen Einordnung der ersten großen Salzwassereinbrüche in den östlich der Darßer Schwelle gelegenen Teil der Ostsee auf. Einiges scheint darauf hinzuweisen, dass, wie von BJÖRCK (1995) vorgeschlagen, die Littorina-Transgression anfänglich über den Øresund erfolgte. Die Klärung dieser Frage ist Thema zahlreicher aktueller und geplanter Untersuchungen (LEMKE mündl. Mitteilung).

### **Littorina**

Nachdem die Schwellen im Norden und Osten der Kieler Bucht vor wahrscheinlich rund 7.000 Jahren BP vollständig transgrediert worden waren, etablierte sich dort ein weitgehend marines Milieu, und der Wasserspiegelanstieg erfolgte kontinuierlich, jedoch weniger rasch als bisher (LEMKE 1998). Die Bildung einer Sprungschicht sorgte für eine erhöhte Kaltwasserzufuhr und starke Strömungen (WINN 1974; WINN et al. 1988). Nach weiteren 4.000 Jahren erreichte der Wasserspiegel wahrscheinlich die heutige Höhe (WINN & AVERDIECK 1984).

Mithilfe der Diatomeenflora konnte für die Littorina-Phase ein Paläosalzgehalt zwischen 17 und 30 ‰ rekonstruiert werden. Eine exaktere Eingrenzung ausschließlich anhand der Thanathozönosen ist nach dem derzeitigen Erkenntnisstand nicht möglich. In diese Eckwerte passt der von WINN et al. (1988) anhand der Foraminiferen-Fauna und der Sauerstoffisotopen-Messung ermittelte Salzgehalt von  $24 \pm 2$  ‰ für das Paläogewässer der Kieler Bucht jedoch gut. In den jüngsten Sedimentabschnitten konnten anhand der Diatomeenflora auch leichte Schwankungen im Salzgehalt nachgewiesen werden; ihr Betrag lässt sich allerdings nach dem derzeitigen Erkenntnisstand nicht ermitteln, und eine genaue zeitliche Einordnung ist ebenfalls nicht möglich.

Aussagen über die Entwicklung des Wasserspiegels in dieser Phase sind anhand der Diatomeenflora nicht möglich. Eine Erhöhung oder Schwankungen ließen sich nicht nachweisen, da Planktonorganismen in großen Teilen dieses Sedimentabschnitts vollständig fehlen. Auch die verschiedenen Transgressionsphasen des Littorina-Stadiums konnten dementsprechend nicht abgegrenzt werden. Es ist jedoch bekannt, dass der Wasserspiegel in der westlichen Ostsee während der Littorina-Phase deutlich angestiegen ist (KLUG 1980; WINN et al. 1988; LEMKE 1998), bis er vor ca. 3.000 Jahren die heutige Höhe erreichte (WINN & AVERDIECK 1984).

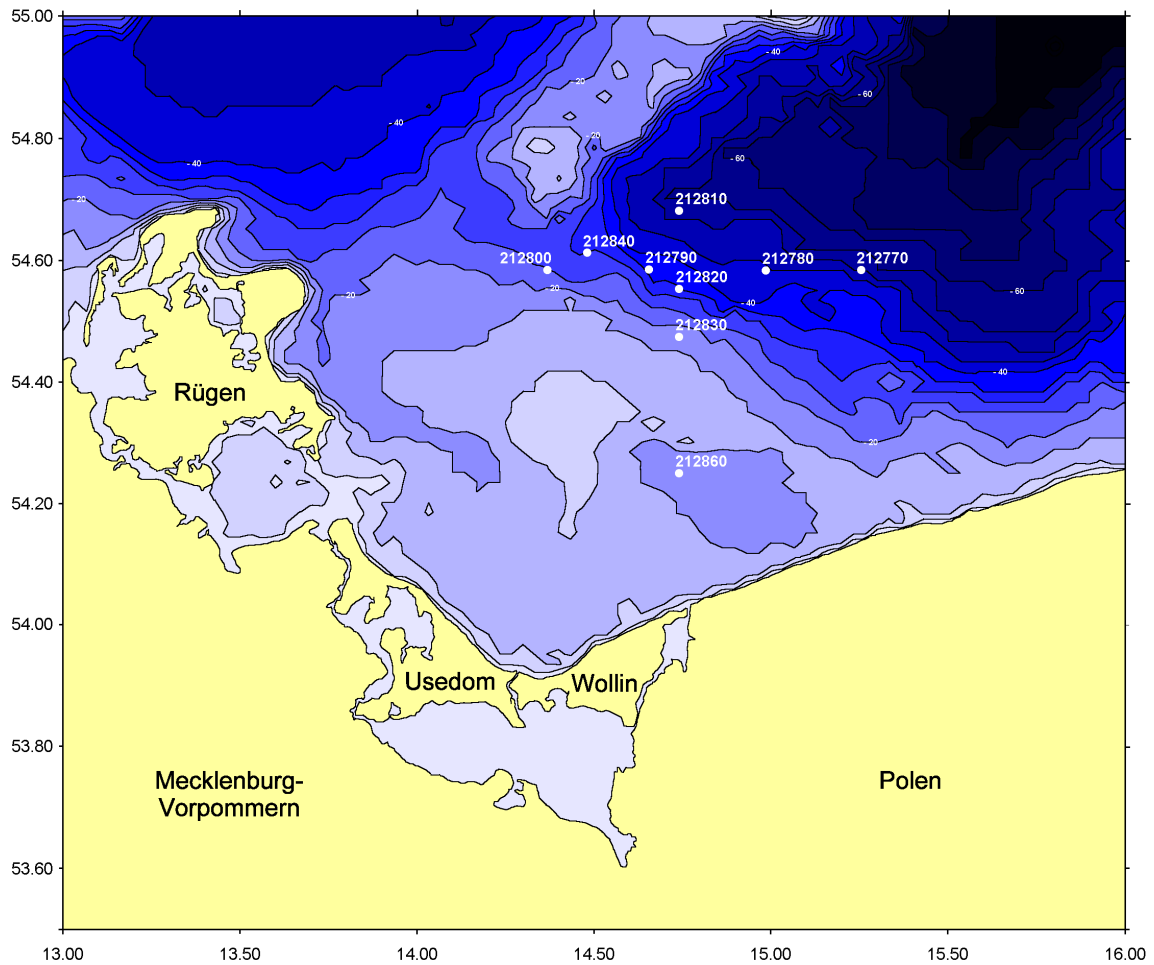
Charakteristische Taxa dieser Phase waren *Catenula adhaerens*, *Dimeregramma minor*, *Grammatophora oceanica*, *Hyalinella lateripunctata*, *Paralia sulcata*, *Plagio-gramma staurophorum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira angulata* und *T. proschkiniae*. Neben den Diatomeen trat der Silicoflagellat *Distephanus speculum* regelmäßig in den Ablagerungen der Littorina-Phase auf (siehe Kap. Weitere Mikrofossilien).

Die Sedimente der Littorina-Phase konnten aufgrund von Unterschieden im Artgefüge der Diatomeenflora in zwei Subzonen – L1 und L2 – untergliedert werden; eine exakte zeitliche Zuordnung dieser Sedimentabschnitte war jedoch nicht möglich. Der Abschnitt L1 wurde wahrscheinlich in einer Phase deponiert, während der im Untersuchungsgebiet sehr starke Strömungen auftraten. Deren Effekte werden im Artgefüge der Thanathozönosen deutlich. Planktonorganismen wurden wahrscheinlich aufgrund starker Strömungen nahezu vollständig verdriftet, was sich auch in einem geringen Gehalt an *Chaetoceros*-Sporen (siehe Kap. Weitere Mikrofossilien) widerspiegelt. Veränderungen in der Salinität traten in dieser Phase vermutlich nicht auf. Der Abschnitt L2 wurde hingegen in einer Phase deponiert, während der sich die Strömungsgeschwindigkeiten im Untersuchungsgebiet deutlich verringerten. Planktonorganismen dominieren hier die Thanathozönosen zeitweilig. Verbunden mit den Veränderungen in den Sedimentationsbedingungen war vermutlich auch ein leichter Rückgang der Paläosalinität. Von WINN et al. (1988) wird ein Rückgang im Salzgehalt von 9 ‰ in der Kieler Bucht auf ein Alter von 6.000 Jahren datiert. Eine Korrelation scheint jedoch nicht möglich zu sein, da der Abschnitt L2 vermutlich jünger ist. Es kann jedoch auch ausgeschlossen werden, dass es sich bei dem Sedimentabschnitt L2 um rezente Ablagerungen handelt. Die Sedimentationsraten sind wahrscheinlich in der gesamten westlichen Ostsee spätestens seit dem Subboreal sehr

niedrig. WINN (1974) stellte fest, dass die Sedimentationsrate im Großen Belt seit rund 4.000 Jahren sehr gering ist bzw. dass partiell überhaupt keine Sedimentation stattfindet. In der Kieler Bucht nahm die Sedimentationsrate seit dem Subboreal ebenfalls deutlich ab (WINN & AVERDIECK 1984).



## Kernprofile aus der Pommerschen Bucht



**Abb. 13:** Die Kernstationen in der Pommerschen Bucht

In keiner der aus den Bohrkernen 212770, 212780, 212800, 212820, 212830 und 212840 entnommenen Proben konnten Diatomeen nachgewiesen werden. Aus diesem Grund wird auf eine weitere Beschreibung dieser Profile im Rahmen der aktuellen Untersuchung verzichtet.

In den Kernprofilen 212790, 212810 und 212860 konnten insgesamt 265 Diatomeentaxa aus 74 Gattungen identifiziert werden. Die Taxa sind in der Artenliste im Anhang aufgeführt (Tab. A1). Dort sind auch die Angaben über die Salinitätspräferenz, das Habitat, die pH-Präferenz, die Trophie-Klassifikation, das Temperatur-optimum und die Verbreitung, die in der aktuellen Arbeit zur Anwendung kamen, aufgeführt. Zusätzlich finden sich dort Angaben über verbreitete Synonyme bzw. Basionyme und Florenwerke, in denen Artbeschreibungen und Abbildungen zu finden sind.

## Bohrkern 212860

Das Kernprofil 212860 wurde dem südlichen Teil der Pommerschen Bucht entnommen und stammt aus einer Wassertiefe von 15,4 m. Holz von *Salix* sp. aus 555 bis 565 cm T. konnte auf ein Alter von 12.400 ±90 Jahren BP datiert werden. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 27 gegeben. Alle biostratigraphischen Ergebnisse werden in Abbildung A10-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 27:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 212860

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-168	feiner Sand	5 Y 5/1	50, 100, 150
168-179	toniger Schluff	5 Y 3/2	175
179-202	Torf	N1	200
202-598	feiner bis mittelfeiner Sand → toniger Schluff	5 G 4/1 → 5 Y 4/1	220, 250, 300-580 (in 20 cm-Abständen)

## Biostratigraphische Ergebnisse

Anhand der überlieferten Diatomeenschalen lassen sich die Sedimente dieses Kernprofils in vier Zonen untergliedern.

### Zone 1

In Zone 1, zwischen 598 und 330 cm T., dominieren benthische, oligohalobe Taxa. Die Thanathozönose wird von *Amphora pediculus*, *Fragilaria martyi* und *F. inflata* var. *istvanffy* geprägt. Begleitet werden sie u. a. von *F. brevistriata*, *Achnanthes clevei* und *Cocconeis neothumensis* (Fig. 1: 1-22). Selten treten mit *Nitzschia valdestriata*, *Amphora holsatica*, *Fragilaria fasciculata* und *Diploneis pseudovalis* mesohalobe Arten auf. Da es sich dabei immer um Einzelfunde handelt, erreicht ihr gemeinsamer Anteil nie mehr als 0,6 %. Für den Halobienindex werden Werte zwischen 0 und 4 verzeichnet.

Durchschnittlich 85 % der Taxa sind als alkaliphil klassifiziert, 7 % als alkalibiont. Der Anteil circumneutraler Taxa erreicht maximal 4 %, der Anteil acidophiler Taxa übersteigt nie 1 %. Maximal 11 % der Taxa sind nicht eingestuft. Anhand dieser Anteile konnten durchschnittliche pH-Werte zwischen 8,0 und 9,0 ermittelt werden.

Durchschnittlich 13 % der Taxa sind als  $\alpha$ -meso-eutraphent eingestuft, maximal 2 % als eutraphent. Die Anzahl der indikativen Arten bewegt sich zwischen 6 und 19. Aus diesen Werten wurden Trophie-Indizes zwischen 3,4 und 3,7 ermittelt.

Benthische Taxa dominieren in allen Schichten. Lediglich im untersten Abschnitt dieser Zone, zwischen 598 und 550 cm T., tritt ein leicht erhöhter Anteil planktischer Taxa auf, u. a. *Stephanodiscus hantzschii*, *S. alpinus* und *Aulacoseira islandica*. Ihr Anteil erreicht maximal 8 %.

**Tab. 28:** Dominante und häufige Taxa in Zone 1, Bk 212860

Aufgeführt werden Taxa, die einen Anteil von  $\geq 5$  % erreichten. Es bedeuten oh: oligohalob, b: benthisch, p: planktisch, alkf: alkaliphil, alkb: alkalibiont, tol: tolerant, am-eut:  $\alpha$ -meso-eutraphent, m: moderat, n: niedrig.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	pH	Trophie	KoP
<i>Fragilaria martyi</i>	39-17	oh	b	alkf		m
<i>Amphora pediculus</i>	29-10	oh	b	alkf	tol	m
<i>Fragilaria inflata</i> var. <i>istvanffy</i>	28-4	oh	b	alkf		m
<i>Fragilaria brevistriata</i>	13-2	oh	b	alkf	tol	m
<i>Cocconeis neothumensis</i>	8-1	oh	b	alkb	am-eut	
<i>Achnanthes clevei</i>	7-4	oh	b	alkf	am-eut	m
<i>Fragilaria pinnata</i>	6-1	oh	b	alkf	tol	m
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	5-0	oh	p	alkb		n

In der gesamten Zone ist der Erhaltungsgrad der Schalen schlecht. Alle Schalen weisen starke Lösungsschäden auf; u. a. sind die Areolen stark vergrößert. Die Artenzahl pro Probe ist durchschnittlich niedrig, sie schwankt zwischen 20(451) und 55(466), wobei die niedrigen Anzahlen im obersten Abschnitt, zwischen 370 und 330 cm T., auftreten. Hier konnten nur 20(451) bzw. 23(486) Taxa identifiziert werden. Außerdem dominieren mit *Fragilaria martyi* und *F. inflata* var. *istvanffy* Taxa, die relativ stark verkieselte Schalen besitzen.

Die Thanathozönosen sind in der gesamten Zone sehr ähnlich strukturiert (Abb. A10-B). Die Dominanz-Identität erreicht maximal Werte von 85 %. Nur zweimal wird die 60 %-Marke knapp unterschritten.

## Zone 2

In Zone 2, die den Abschnitt zwischen 330 und 179 cm T. umfasst, waren keine Mikrofossilien nachweisbar.

### Zone 3

In Zone 3, zwischen 179 und 168 cm T., dominieren *Fragilaria martyi* und *Cavinula scutelloides*. Sie stellen zusammen einen Anteil von 38 %. Subdominant sind *Fragilaria brevistriata* (12 %), *Amphora pediculus* (11 %), *Navicula utermoehlii* (6 %) und *Achnanthes clevei* (6 %). Alle Taxa sind als oligohalob eingestuft und leben benthisch. Der Halobienindex beträgt -2.

Für den durchschnittlichen pH wurde ein Wert von 8,0 berechnet. 64 % der Taxa sind als alkaliphil, 20 % als alkalibiont und 6 % als circumneutral klassifiziert. 1 % der Taxa ist acidophil.

20 % der Taxa sind als eutraphent, 15 % als  $\alpha$ -meso-eutraphent eingestuft. Mit 36 % ist der Anteil an klassifizierten Taxa hoch. Die Anzahl der indikativen Arten beträgt 11. Es lässt sich ein Trophie-Index von 4,2 ermitteln.

Insgesamt konnten 30(470) Taxa nachgewiesen werden. Die Schalen sind gut erhalten; sie zeigen allenfalls leichte Korrosionsschäden. So sind z. B. die schwach verkieselten Raphenschalen von *Achnanthes clevei* und *Cocconeis neothumensis* regelmäßig gut erhalten. Eine Anreicherung von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial konnte nicht beobachtet werden. Der Anteil an schwach verkieselten Schalen liegt bei 6 %.

Beim Vergleich der Struktur der Diatomeenflora dieser Zone mit der Struktur der Floren in Zone 1 treten für die Dominanz-Identität Werte zwischen 45 und 54 % auf (Abb. A10-B).

### Zone 4

Zwischen 168 und 0 cm T. lassen sich keine Mikrofossilien nachweisen.

## Biostratigrafische Auswertung

### Zone 1

Die Thanathozönosen der gesamten Zone sind einander sehr ähnlich. Für die Dominanz-Identität werden kontinuierlich hohe Werte erreicht (Abb. A10-B). Weder das Arteninventar noch die Artenhäufigkeiten ändern sich merklich. Damit ist der Schluss zulässig, dass sich auch die Milieubedingungen über den gesamten Ablagerungszeitraum hinweg höchstens gering verändert haben. Die Rekonstruktion der Salinität,

des durchschnittlichen pH-Wertes und des Trophiestatus bestätigen dies; für alle Faktoren werden Werte erzielt, die höchstens schwach variieren.

Es sind fast ausschließlich oligohalobe Taxa festzustellen. Die für den Halobienindex ermittelten Werte zeigen, dass es sich um ein „typisches Süßwasser“ handelt (ZIE-MANN 1997a; ZIEMANN et al. 1999). Nach ZIEMANN (ibid.) handelt es sich um ein  $\beta$ -oligo-halobes Gewässer, d. h. ein gut gepuffertes  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -Gewässer mit einem Chloridgehalt von maximal 25 mg/l. Ein thalassogener Einfluss oder eine Salzbelastung geogenen Ursprungs kann somit vollständig ausgeschlossen werden.

Der überwiegende Teil der in dieser Zone auftretenden Arten lebt benthisch. Lediglich im untersten Abschnitt tritt ein leicht erhöhter Anteil an planktischen Arten auf. Bei Untersuchungen rezenter Gewässer wurden einige der dominierenden Taxa dieser Zone (z. B. *Amphora pediculus*, *Fragilaria brevistriata*, *F. pinnata*, Formen von *F. construens*, *Achnanthes clevei*, *Cocconeis neothumensis*, *Navicula utermoehlii*) sowohl in direkter Ufernähe in Wassertiefen von maximal 0,5 m (HOFMANN 1994) als auch in Wassertiefen zwischen 6 und 20 m mit hohen Abundanzen beobachtet (VOIGT 1996). Planktonarten sind in geringen Wassertiefen in Ufernähe deutlich seltener im Sediment festzustellen. Erst in größeren Wassertiefen treten sie dort regelmäßig auf. Im Fuschlsee sind sie ab einer Wassertiefe von 5 m nachweisbar, sie dominieren allerdings erst ab einer Wassertiefe von 19 m (ibid.). Der insgesamt niedrige Planktonanteil und die Artenzusammensetzung lassen eine Wassertiefe um 10 m wahrscheinlich erscheinen. Eine Wassertiefe von 20 m wurde im Paläogewässer keinesfalls überschritten.

Viele dieser Arten treten rezent häufig in Süßwasserseen des Binnenlandes auf (HOFMANN 1994; VOIGT 1996). Auch KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986, 1988, 1991a, 1991b) geben als Lebensraum für viele dieser Taxa stehende (Binnen-) Gewässer an. Eine Anreicherung von Arten mit spezifischer Substratpräferenz lässt sich nicht beobachten. Lediglich epiphytisch lebende Taxa treten seltener auf. Die Thanathozönosen stellen also typische Gesellschaften des Edaphons dar, die innerhalb eines stehenden Gewässers abgelagert wurden.

Aussagen über den Trophiestatus des Wassers sind insofern nur begrenzt möglich, als lediglich ein geringer Anteil der Taxa eingestuft ist und die Anzahl an indikativen Taxa in einigen Schichten auf sechs sinkt. Die so ermittelten Trophie-Indizes zeigen jedoch große Übereinstimmung. Sie lassen den Schluss zu, dass das Paläogewäs-

ser über den gesamten Ablagerungszeitraum hinweg als meso- bis schwach eutroph eingestuft werden kann. Dieser Befund wird bestätigt, wenn die Trophie-Toleranz-Einstufungen anderer Quellen einbezogen werden (DENYS 1991; VAN DAM et al. 1994; VOIGT 1996; LANGE-BERTALOT 1996).

In dieser Zone stellen die alkaliphilen Taxa die dominante Artengruppe dar, die alkalibionten Taxa sind subdominant. Der berechnete pH-Wert lag durchschnittlich bei 8,5; die Variationen waren gering. Der pH-Wert des Paläogewässers lag dementsprechend deutlich im alkalischen Bereich. Damit zeigen auch die für den durchschnittlichen pH berechneten Werte, dass die Milieubedingungen über den gesamten Ablagerungszeitraum hinweg ausgesprochen konstant waren.

Es gibt zahlreiche Hinweise auf einen niedrigen Grad an Authentizität. Wahrscheinlich hat eine erhebliche Beeinflussung des Artgefüges durch Lösungsprozesse stattgefunden. In der gesamten Zone sind die Artenzahlen niedrig, die Diatomeenschalen schlecht erhalten und einzelne Taxa dominieren die Thanathozönosen. Das gilt insbesondere in den Proben an der Grenze zum Hangenden. Aufgrund der Indikationswirkung der überlieferten Schalen ist es jedoch unwahrscheinlich, dass diese Veränderungen wesentliche Auswirkungen auf die rekonstruierten Faktoren Wassertiefe, Salinität, pH-Wert und Trophie hatten.

Die Ablagerungen der Zone 1 stammen aus dem Flachwasserbereich eines alkalischen, meso- bis schwach eutrophen Süßwassersees, wobei die überlieferte Diatomeenflora aus einem typischen Gemisch des Edaphons besteht. Mithilfe der <sup>14</sup>C-Datierung ist eine zeitliche Einordnung auf ein Alter von 12.400 Jahren BP möglich; die Sedimente sind also im Spätglazial deponiert worden.

## **Zone 2**

In dieser Zone sind keinerlei Diatomeenschalen überliefert. Der untere Abschnitt, bestehend aus feinen bis mittelfeinen Sanden, ist wahrscheinlich ebenfalls spätglazialen Ursprungs. Ablagerungen aus Alleröd und Jüngerer Dryas fehlen. Die Lage aus Torfgyttja im oberen Abschnitt kann aufgrund von *Pinus*-, *Betula*- und anderen Pflanzenresten ins frühe Holozän eingeordnet werden, ihre Ablagerung erfolgte vermutlich in einem sehr flachen Gewässer (BENNIKE schriftl. Mitteilung.).

### Zone 3

Die Thanathozönose dieser Zone ist ausschließlich aus benthischen, oligohaloben Taxa zusammengesetzt. Auch hier bestätigt der für den Halobienindex ermittelte Wert, dass es sich bei dem Paläogewässer um „typisches Süßwasser“ handelte (ZIEMANN 1997a; ZIEMANN et al. 1999), nach ZIEMANN (ibd.) ein gut gepuffertes  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -Gewässer mit einem Chloridgehalt von maximal 25 mg/l. Eine Belastung mit Salzen lag dementsprechend nicht vor.

Neben *Fragilaria martyi*, dem Taxon, welches schon in Zone 1 dominierte, tritt hier *Cavinula scutelloides* erstmalig auf. Weitere Arten, die hier häufig sind und in Zone 1 meist komplett fehlen, sind *Cocconeis pseudothumensis*, Formen von *Fragilaria construens*, *F. lapponica*, *Navicula utermoehlii* und *N. jentzschii*. Subdominant treten *Fragilaria brevistriata*, *Amphora pediculus* und *Achnanthes clevei* auf.

Alle Taxa sind rezent regelmäßig in Süßwasserseen anzutreffen (HOFMANN 1994; VOIGT 1996; SCHÖNFELDER 1997). Viele dieser Arten präferieren unbelebte Fein-substrate. Arten mit epiphytischer Präferenz treten nur mit geringen Anteilen auf. Da außerdem planktische Arten vollständig fehlen, ist hier von einer sehr geringen Wassertiefe auszugehen. Vermutlich wurden 10 m nicht überschritten.

Da ein hoher Anteil der Taxa nach dem Trophie-Indikationssystem von HOFMANN (1994) klassifiziert ist, ermöglicht der berechnete Trophie-Index von 4,2 die Einstufung des Paläogewässers als deutlich eutroph. Durch die Einbeziehung weiterer Einstufungen wird das Ergebnis unterstützt (DENYS 1991; VAN DAM et al. 1994; VOIGT 1996; LANGE-BERTALOT 1996).

Nach ARZET (1987) lässt sich ein durchschnittlicher pH-Wert von 8,0 ermitteln; er lag also deutlich im alkalischen Bereich.

Der relativ hohe Anteil an schwach verkieselten Schalen und der gute Erhaltungsgangrad sind ein Indiz für einen hohen Grad an Authentizität, auch wenn die Artenzahl niedrig ist und *Fragilaria martyi* mit seinen relativ stark verkieselten Schalen dominiert.

Die Ablagerungen der Zone 3 stammen aus der Flachwasserzone eines alkalischen, eutrophen Süßwassersees, wobei die überlieferte Diatomeenflora aus einem typischen Gemisch des Edaphons besteht. Auch dieser Abschnitt wurde im frühen Holozän abgelagert (BENNIKE schriftl. Mitteilung).

#### **Zone 4**

In den feinsandigen Sedimenten dieser Zone konnten keine Diatomeenschalen beobachtet werden. Es sind jedoch zahlreiche Schalen mariner Mollusken enthalten, sodass der Rückschluss auf ein marines Milieu im Ablagerungszeitraum möglich ist. Sie sind vermutlich im Littorina- bzw. Postlittorina-Meer deponiert worden.



## Bohrkern 212790

Das Kernprofil 212790 wurde dem nördlichen Teil der Pommerschen Bucht entnommen und stammt aus einer Wassertiefe von 34,4 m. Borke von *Pinus* sp. aus dem Kernabschnitt zwischen 240 und 250 cm T. wurde auf ein Alter von  $9.390 \pm 90$  Jahren BP datiert. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 29 gegeben. Alle biostratigrafischen Ergebnisse werden in Abbildung A11-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 29:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 212790

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-36	feiner Sand	10 YR 6/2	0, 20
36-295	Schluff	5 Y 4/1	40-280 (in 20 cm-Abständen)
295-370	Schluff, humöser Schluff	5 Y 4/1, 5 Y 3/2	300-360 (in 20 cm-Abständen)
370-410	Schluff	5 Y 4/1	380, 400
410-535	Ton	5 Y 3/2	450, 500

## Biostratigrafische Ergebnisse

Die Diatomeenflora dieses Kerns ermöglicht eine Untergliederung der Sedimente in vier Zonen (zur Verbreitung organisch-wandiger Mikroorganismen siehe Kap. Weitere Mikrofossilien).

### Zone 1

Die Zone 1 umfasst den Kernabschnitt zwischen 535 und 390 cm T. In allen Proben konnten nur vereinzelt Diatomeenschalen beobachtet werden. Die Konzentration war extrem niedrig, sodass eine Auszählung nicht möglich war. Alle Schalen waren stark fraktioniert und durch Lösungsprozesse beschädigt. Eine Identifizierung war in den meisten Fällen unmöglich. In 400 cm T. traten neben den nicht identifizierbaren Bruchstücken auch Schalen von *Epithemia adnata* und *Eunotia* sp. auf.

### Zone 2

In der Zone 2, zwischen 390 und 210 cm T., sind Diatomeenschalen in auswertbaren Konzentrationen nachweisbar. Der Erhaltungsgrad der Schalen ist schlecht. Viele, besonders in den Proben nahe der Zonengrenzen, weisen starke Korrosionsschäden

auf; ihre Areolen sind erheblich vergrößert. Die Artenzahl ist niedrig und schwankt zwischen 18(484) und 33(496).

Oligohalobe Taxa dominieren die Thanathozönosen. Nur vereinzelt treten Schalen der mesohaloben Art *Achnanthes lemmermannii* auf. Ihr Anteil liegt jedoch immer unter 1 %. Für den Halobienindex lassen sich Werte zwischen 0 und 6 ermitteln. Betrachtet man ausschließlich die Salinitätspräferenzen der Taxa, so erscheint die Zusammensetzung der einzelnen Schichten homogen. Nach der Berechnung der Dominanz-Identität fallen jedoch vier Gruppen auf (Abb. A11-B). Diese Gruppen sind mit niedrigen Werten für die Dominanz-Identität deutlich gegeneinander abgegrenzt. Gleichzeitig ist die Strukturähnlichkeit innerhalb der Gruppen signifikant hoch. Mithilfe dieser Werte wird die Zone 2 in vier Subzonen untergliedert.

Die **Subzone 1** (390 bis 370 cm T.) ist nur durch eine Probe repräsentiert. Die Thanathozönose wird von *Fragilaria martyi* (63 %) dominiert. Daneben treten *Cavinula scutelloides* (10 %), *Amphora pediculus* (7 %) und *Fragilaria inflata* var. *istvanffy* (6 %) auf (Fig. 2: 1-10).

84 % der Taxa sind als alkaliphil eingestuft, 11 % als alkalibiont, 1 % als circumneutral. Anhand dieser Anteile lässt sich ein durchschnittlicher pH-Wert von 8,6 ermitteln.

Für den Trophie-Index wurde ein Wert von 4,4 berechnet. 11 % der Taxa sind als eutraphent klassifiziert, 3 % als  $\alpha$ -meso-eutraphent. Es treten 8 indikative Taxa auf. Benthische Arten dominieren mit 99 %.

Die Proben aus **Subzone 2** (370 bis 295 cm T.) weisen mit 67 bis 85 % sehr hohe Werte für die Dominanz-Identität auf.

**Tab. 30:** Dominante und häufige Taxa in Zone 2, Subzone 2, Bk 212790

Aufgeführt werden Taxa, die einen Anteil von  $\geq 5$  % erreichten. Es bedeuten oh: oligohalob, b: benthisch, p: planktisch, alkf: alkaliphil, circ: circumneutral, tol: tolerant, m: moderat.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	pH	Trophie	KoP
<i>Fragilaria inflata</i> var. <i>istvanffy</i>	72-46	oh	b	alkf		m
<i>Aulacoseira islandica</i>	14-1	oh	p	circ		m
<i>Fragilaria brevistriata</i>	11-5	oh	b	alkf	tol	m
<i>Fragilaria martyi</i>	8-3	oh	b	alkf		m
<i>Fragilaria construens</i> + f.	5-2	oh	b	alkf	tol	m

In diesem Abschnitt treten *Fragilaria inflata* var. *istvanffy*, *F. brevistriata*, *F. martyi*, verschiedene Formen von *F. construens* und *Navicula porifera* in den Vordergrund. Daneben tritt mit *Aulacoseira islandica* ein planktisches, circumneutrales Taxon mit einem Anteil zwischen 1 und 14 % auf. Außerdem lassen sich noch andere planktisch lebende Taxa, wie *Aulacoseira granulata*, *A. ambigua* und *Stephanodiscus neoastraea*, beobachten. Ihr Gesamtanteil steigt in dieser Subzone auf maximal 20 % an.

Der berechnete durchschnittliche pH-Wert sinkt von 7,9 im unteren auf 7,3 im oberen Abschnitt. Im unteren Abschnitt sind 95 % der Taxa als alkaliphil klassifiziert, im oberen Abschnitt sind es noch 74 %. Der Anteil der als circumneutral eingestuften Taxa schwankt zwischen 2 und 14 %, der der alkalibionten Taxa liegt immer unter 1 %. Maximal 13 % der Taxa sind nicht eingestuft.

Die Berechnung des Trophie-Index konnte nicht durchgeführt werden, da die Anzahl indikativer Arten maximal 5 betrug und ihr Anteil immer unter 2 % lag.

**Subzone 3** umfasst den Abschnitt zwischen 295 und 250 cm T. Der Wert für die Dominanz-Identität ist mit 60 % vergleichsweise niedrig. Es handelt sich also um eine relativ heterogene Gruppe.

Im unteren Abschnitt liegt der Verbreitungsschwerpunkt des planktischen Taxons *Aulacoseira islandica*. Es tritt mit einem Anteil von 25 % auf. Subdominant sind *Fragilaria martyi* und *F. inflata* var. *istvanffy*. Im oberen Abschnitt dieser Subzone ist der Anteil der planktischen Taxa auf 5 % reduziert. *Fragilaria martyi* dominiert die Thana-thozönose. Daneben treten *F. brevistriata*, *Amphora pediculus* und *Cocconeis pseudothumensis* auf.

In die Berechnung des pH-Wertes gingen folgende Anteile ein. Im unteren Abschnitt sind 52 % der Taxa als alkaliphil, 25 % als circumneutral und 3 % als alkalibiont klassifiziert. 13 % der Taxa sind nicht eingestuft. Der berechnete durchschnittliche pH-Wert beträgt 7,2. Im oberen Abschnitt sind 73 % der Taxa als alkaliphil und je 7 % als alkalibiont bzw. circumneutral klassifiziert. 20 % der Taxa sind nicht eingestuft. Hier beträgt der durchschnittliche pH-Wert 7,8.

Vergleichsweise einheitlich sind die Werte für die Berechnung des Trophie-Index. Die Anzahl der indikativen Taxa beträgt 9 bzw. 7; lediglich 6 bzw. 10 % der Taxa sind klassifiziert. Für den Trophie-Index konnten Werte von 3,9 bzw. 4,0 berechnet werden.

In **Subzone 4** (250 bis 210 cm T.) ergibt sich mit 73 % ebenfalls ein hoher Wert für die Dominanz-Identität. In diesen Proben sind *Navicula farta*, *Cocconeis pseudothumensis*, *Fragilaria martyi* und *Cavinula scutelloides* individuenreich vertreten. Begleitet werden sie von *Navicula jentzschii*, *Planothidium joursacense*, *Amphora pediculus* und *Cocconeis placentula*.

Alle Taxa sind als benthisch eingestuft, Arten des Planktons fehlen vollständig. Mit *Cocconeis pseudothumensis* (15 bis 27 %) tritt eine aerische Art in den Vordergrund. Für die Berechnung des Trophie-Index ist die Anzahl an indikativen Arten mit 3 zu niedrig. Allerdings sind 11 bzw. 21 % der Taxa als eutraphent klassifiziert.

**Tab. 31:** Dominante und häufige Taxa in Zone 2, Subzone 4, Bk 212790

Aufgeführt werden Taxa, die einen Anteil von  $\geq 5$  % erreichten. Es bedeuten oh: oligohalob, b: benthisch, alkf: alkaliphil, alkb: alkalibiont, am-eut:  $\alpha$ -meso-eutraphent, eut: eutraphent, m: moderat.

Taxon	Anteile / %	Salinität	Habitat	pH	Trophie	KoP
<i>Navicula farta</i>	27-20	oh	b			
<i>Cocconeis pseudothumensis</i>	27-15	oh	b	alkb	am-eut	
<i>Cavinula scutelloides</i>	21-11	oh	b	alkb	eut	m
<i>Fragilaria martyi</i>	17-15	oh	b	alkf		m
<i>Navicula jentzschii</i>	14-8	oh	b			
<i>Planothidium joursacense</i>	5-1	oh	b	alkf		m

Die Berechnung des durchschnittlichen pH-Wertes war ebenfalls nicht möglich; über 55 % der Taxa sind nicht klassifiziert. Durchschnittlich 27 % gehört in die Gruppe der alkaliphilen Taxa, 16 % sind als alkalibiont, knapp 1 % als circumneutral eingestuft.

### Zone 3

In der Zone 3, zwischen 210 und 36 cm T., waren wiederum kaum Diatomeenschalen nachweisbar. Neben unidentifizierbaren Bruchstücken traten Schalen von *Cavinula scutelloides*, *Aulacoseira islandica*, *Fragilaria martyi*, *Cocconeis pseudothumensis*, *C. placentula* und *Epithemia adnata* auf. Alle Schalen bzw. Bruchstücke zeigten deutliche Korrosionsschäden; oft waren nur noch die zentralen Abschnitte der Schalen, der Zentralknoten mit wenigen Areolenreihen, vorhanden.

### Zone 4

Die Zone 4 erstreckt sich zwischen 36 und 0 cm T. Es waren lediglich wenige Bruchstücke von Schalen polyhalober Taxa zu beobachten. Neben nicht identifizierbaren

Fragmenten traten Schalen von *Actinocyclus octonarius*, *Planorbulina quaternensis*, *Thalassiosira angulata* und *Diploneis stroemii* auf.

## Biostratigrafische Auswertung

### Zone 1

Da die vereinzelt auftretenden, stark beschädigten Schalen innerhalb dieser Zone nicht identifizierbar waren, sind keine ökostratigrafischen Aussagen möglich. Die tonigen Abschnitte aus dem unteren Teil dieser Zone sind wahrscheinlich im Spätglazial abgelagert worden. Es handelt sich somit um Ablagerungen des Baltischen Eistausees. Im oberen schluffigen Abschnitt konnten einige oligohalobe Taxa, z. B. *Epithemia adnata* und *Eunotia* sp., identifiziert werden. Die Vermutung liegt nahe, dass es sich bei den Ablagerungen dieses Abschnitts um Sedimente des Ancylus-Sees handelt, die im frühen Holozän deponiert wurden.

### Zone 2

Die Thanathozönosen der gesamten Zone sind fast ausschließlich aus oligohaloben Arten zusammengesetzt. Daneben treten mit *Fallacia balnearis*, *Achnanthes lemmermannii* und *Navicula menisculus* var. *upsaliensis* vereinzelt auch halophile bzw. mesohalobe Taxa auf. Die für den Halobienindex ermittelten Werte bestätigen den rein limnischen Ursprung dieser Ablagerungen. Nach der Einteilung von ZIEMANN (1997a; ZIEMANN et al. 1999) handelt es sich um ein  $\beta$ -oligohalobes Gewässer, d. h. ein gut gepuffertes  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -Gewässer mit einem Chloridgehalt von maximal 25 mg/l. Ein mariner Einfluss oder eine Salzbelastung geogenen Ursprungs können ausgeschlossen werden.

Die Ablagerungen dieser Zone sind also in einer Paläoumgebung entstanden, in der der Salzgehalt des Wassers gering war und sich über den gesamten Sedimentationszeitraum hinweg kaum verändert hat. Trotzdem werden beim Vergleich der Thanathozönosen untereinander nur niedrige Werte für die Dominanz-Identität erzielt; das Artgefüge in den einzelnen Schichten unterscheidet sich erheblich voneinander. Diese ausgeprägten Unterschiede lassen sich auf Veränderungen in der Höhe des Wasserspiegels zurückführen, worauf die Untergliederung dieser Zone in vier Subzonen basiert.

In der **Subzone 1** ist die Thanathozönose fast ausschließlich aus benthischen Taxa zusammengesetzt. Eine Anreicherung von Taxa, die einen bestimmten Substrattyp präferieren, lässt sich nicht beobachten; lediglich Arten mit einer epiphytischen Präferenz fehlen fast vollständig. Insgesamt deutet die Artenzusammensetzung auf einen flachen Gewässerabschnitt mit Festsubstraten verschiedener Korngrößen als Ursprungsort der Thanathozönose hin.

Der extrem hohe Anteil an alkaliphilen Taxa, die von alkalibionten Arten begleitet werden, weist darauf hin, dass der pH-Wert des Paläogewässers dezidiert im alkalischen Bereich lag. Der berechnete durchschnittliche pH-Wert liegt bei 8,6.

Mithilfe des Trophie-Index lassen sich für das Paläogewässer eutrophe Bedingungen rekonstruieren. Dieses Ergebnis wird durch die Klassifikation von *Fragilaria martyi*, dem dominierenden Taxon, als meso- bis eutroph durch DENYS (1991) und einer entsprechenden Einstufung von WITKOWSKI et al. (1995/96) unterstützt.

Die Ablagerungen der Subzone 1 in Zone 2 sind in einer Flachwasserzone des Paläogewässers deponiert worden. Die Diatomeenflora indiziert eine alkalische, eutrophe Umgebung.

In der **Subzone 2** werden die Thanathozönosen durchgängig von *Fragilaria inflata* var. *istvanffy* dominiert. Dieses Taxon präferiert Feinsedimente als Substrat und toleriert Wassertiefen, die 20 m überschreiten (SNOEIJNS 1993; WITKOWSKI 1994). Außerdem steigt der Anteil an planktischen Arten mit abnehmender Tiefe kontinuierlich an, und gleichzeitig kann hier auch die größte Mannigfaltigkeit an planktischen Taxa beobachtet werden. Das weist auf einen deutlichen Anstieg des Wasserspiegels hin. Der berechnete durchschnittliche pH-Wert sinkt innerhalb dieser Zone von 7,9 auf 7,3 ab; er lag also nur knapp im alkalischen Bereich.

Die Berechnung des Trophie-Index war nicht möglich, da sowohl der Anteil als auch die Anzahl an indikativen Taxa zu niedrig war. Auch nach der Einbeziehung anderer Quellen (DENYS 1991; VAN DAM et al. 1994; VOIGT 1996; LANGE-BERTALOT 1996) bleibt eine Einschätzung des trophischen Status schwierig, da gerade für das dominierende Taxon *Fragilaria inflata* var. *istvanffy* keine Einstufung vorliegt. Insgesamt deutet die Artenzusammensetzung jedoch an, dass es gegenüber Subzone 1 zu einer leichten Absenkung des TP-Gehalts kam, vermutlich also meso- bis schwach eutrophe Bedingungen vorlagen.

Die Diatomeenflora der Subzone 2 in Zone 2 indiziert einen deutlichen Anstieg des Wasserspiegels im Ablagerungszeitraum. Gleichzeitig mit diesem Anstieg sank der durchschnittliche pH-Wert des vermutlich meso- bis schwach eutrophen Paläogewässers.

Innerhalb der **Subzone 3** sinkt der Anteil an planktischen Taxa drastisch. Im unteren Abschnitt dominiert noch *Aulacoseira islandica*; es ist jedoch die einzige planktische Art, die in dieser Subzone auftritt. Im oberen Abschnitt treten die planktischen Arten fast völlig zurück, das benthische Taxon *Fragilaria martyi* prägt wiederum die Thanathozönose. Von diesen Veränderungen in der Artenzusammensetzung lässt sich eine Senkung des Wasserspiegels ableiten.

Der Schwerpunkt liegt hier, wie im Liegenden, eindeutig auf den alkaliphilen Taxa. Der für diese Zone berechnete durchschnittliche pH-Wert liegt mit 7,2 und 7,8 nur knapp über dem Neutralpunkt.

Mithilfe des Trophie-Index lassen sich meso- bis schwach eutrophe Bedingungen rekonstruieren. Dieses Ergebnis wird durch die Trophie-Toleranz-Einstufungen anderer Quellen gestützt (DENYS 1991; VAN DAM et al. 1994; VOIGT 1996; LANGE-BERTALOT 1996). Die Sedimente der Subzone 3 in Zone 2 sind in einer meso- bis schwach eutrophen, leicht alkalischen Umgebung entstanden. Die Diatomeenflora indiziert ein deutliches Absinken des Wasserspiegels.

In der **Subzone 4** dominiert mit *Navicula farta* ein Taxon, dass rezent in Mitteleuropa bisher nicht nachgewiesen wurde (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986). In den Sedimenten des Ancyclus-Sees wurde *N. farta*, wahrscheinlich als *N. aboensis* identifiziert, in den Ablagerungen der Mecklenburger Bucht gefunden (LANGE & WULFF 1980; JENSEN et al. 1999). KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986) diskutieren die Konspezifität. *Cocconeis pseudothumensis*, ein aerisches Taxon, ist subdominant. Daneben treten ausschließlich weitere benthische Arten auf, von denen viele den Grundschlamm stehender Gewässer als Habitat bevorzugen. Die Zusammensetzung der Thanathozönose aus ausschließlich benthischen Arten und die erhöhte Konzentration an aerischen Taxa im obersten Abschnitt weisen auf eine weitere Absenkung des Wasserspiegels hin.

Die Berechnung des Trophie-Index nach HOFMANN (1994) war nicht möglich, aber ein relativ hoher Anteil der Taxa ist als eutraphent, meso- bis eutraphent bzw. als tolerant eingestuft (DENYS 1991; VAN DAM et al. 1994; VOIGT 1996; LANGE-BERTALOT 1996).

Wahrscheinlich ist der TP-Gehalt im Ablagerungszeitraum im Vergleich zum Liegenden angestiegen, das Gewässer eutrophierte.

Die Rekonstruktion des pH-Wertes ergab einen mit  $> 8,4$  deutlich im alkalischen Bereich liegenden Durchschnittswert für den pH. Allerdings ist der Anteil der nicht eingestuften Taxa, der in die Berechnung einfließt, relativ hoch. Dazu gehörten vor allem die dominanten Arten *Navicula farta*, *Cocconeis pseudothumensis* und *Navicula jentzschii*.

Die Ablagerungen der Subzone 4 sind in einem vermutlich alkalischen, eutrophen Abschnitt des Paläogewässers in einer Flachwasserzone entstanden.

Somit indizieren die Diatomeenfloren, dass die Sedimente aus dem Abschnitt zwischen 320 und 280 cm T. während einer Phase deponiert wurden, in der im Paläogewässer der Wasserspiegel anstieg und eine maximale Wassertiefe erreicht wurde. Das deutet darauf hin, dass diese Ablagerungen während des Höhepunktes der Transgressions-Phase des Ancyclus-Sees deponiert wurden und dieser Kernabschnitt somit ein Alter von ca. 9.300 Jahren BP hat (BJÖRCK 1995). Mithilfe der Wassertiefe, aus der der Kern stammt (34,3 m), und einer Probentiefe von knapp 3 m lässt sich für den Höchststand des Ancyclus-Sees mit 19 m unter NN (LEMKE et al. 1998; JENSEN et al. 1999) eine Paläowassertiefe von rund 19 m ermitteln. Das stimmt gut mit der Artenzusammensetzung und dem ermittelten Verhältnis zwischen benthischen und planktischen Arten überein.

Dieses Ergebnis steht allerdings im Widerspruch zu der  $^{14}\text{C}$ -Datierung. Borke von *Pinus* sp. aus dem Kernabschnitt zwischen 240 und 250 cm T. wurde auf ein Alter von  $9.390 \pm 90$  Jahren BP datiert. Die Thanathozönosen dieses Kernabschnitts indizieren jedoch eine Paläoumgebung mit viel geringeren Wassertiefen als in dem Abschnitt zwischen 320 und 280 cm T. Für diese Diskrepanz gibt es zwei denkbare Erklärungen. Einerseits besteht die Möglichkeit, dass die Borken-Fragmente von *Pinus* sp. umgelagert wurden. Andererseits kann auch der gesamte Sedimentabschnitt zwischen 370 und 235 cm T. aufgrund hoher Sedimentationsraten innerhalb weniger Dekaden abgelagert worden sein (BENNIKE schriftl. Mitteilung).

Mit Ausnahme von *Navicula farta* sind alle in dieser Zone auftretenden Taxa rezent in mittel- und nordeuropäischen Gewässern weit verbreitet (HUSTEDT 1971; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986, 1988, 1991a, 1991b; HOFMANN 1994; VOIGT 1996; SCHÖNFELDER 1997). Sie treten typischerweise in stehenden Gewässern auf und sind dort regelmä-



ßig mit hohen Abundanzen anzutreffen (ibd.). Eine Anreicherung von Taxa, die einen bestimmten Substrattyp präferieren, lässt sich nicht beobachten. Lediglich Arten mit einer ausgesprochenen epiphytischen Präferenz fehlen fast vollständig.

Die Schalen der Diatomeen sind in der gesamten Zone schlecht erhalten und die Artenzahlen sind, vor allem in den Proben aus der Nähe der Zonengrenzen, im Vergleich zu denen anderer Bohrkerne niedrig. Das deutet darauf hin, dass eine Beeinflussung des Artgefüges durch Lösungsprozesse vorliegt. Auch die starke Dominanz einzelner Taxa, wie *Fragilaria martyi* in Subzone 1 und *F. inflata* var. *istvanffy* in Subzone 2, illustriert die beeinträchtigte Authentizität der Thanathozönosen. Das wichtigste Merkmal für eine geringe Authentizität, eine Anreicherung von Schalen mit hohem Konservierungspotenzial, ist jedoch nicht zu beobachten. Die hier vorgefundenen Dominanzverhältnisse deuten jedoch an, dass wahrscheinlich auch *Fragilaria martyi* und *F. inflata* var. *istvanffy* Schalen besitzen, die außerordentlich resistent gegenüber Lösungsprozessen sind. Vermutlich ist die Einstufung des Konservierungspotenzials ihrer Schalen als „moderat“ falsch.

Aufgrund der Indikationswirkung der überlieferten Schalen ist es jedoch unwahrscheinlich, dass die geringe Authentizität wesentliche Auswirkungen auf die rekonstruierten Faktoren Wassertiefe, Salinität, pH-Wert und Trophie hatte.

Bei den Sedimenten der Zone 2 handelt es sich eindeutig um Ablagerungen des An-cylus-Sees. Als Ablagerungszeitraum kann somit das frühe Holozän bestimmt werden. Anhand der Artenzusammensetzung und der <sup>14</sup>C-Datierung lässt sich der Ablagerungszeitraum weiter eingrenzen; der Abschnitt zwischen 320 und 280 cm T. wurde während der maximalen Transgressionsphase deponiert und hat somit ein Alter von ca. 9.300 Jahren BP. Die Diatomeenflora indiziert eine schwach alkalische Paläoumwelt und einen durchgängig hohen TP-Gehalt, der lediglich während des Transgressionsmaximums leicht absank.

### **Zone 3**

Die Konzentration an Mikrofossilien war in allen Proben der Zone 3 zu niedrig, um exakte ökostratigrafische Aussagen über die Entstehung dieser Sedimente bzw. die Paläoumwelt zu ermöglichen. Die erheblichen Korrosionsschäden an den überlieferten Diatomeenschalen und -bruchstücken deuten an, dass der überwiegende Teil der Schalen durch Lösungsprozesse während der Sedimentation vollständig zerstört worden ist.

Zwei Faktoren beinhalten jedoch Hinweise darauf, dass es sich bei den Sedimenten dieser Zone ebenfalls um Ablagerungen des Ancyclus-Sees handelt. Viele der hier auftretenden Taxa konnten schon in Zone 2 beobachtet werden, und neben den Diatomeen traten im Bereich zwischen 210 und 140 cm T. auch die Zellwandreste verschiedener Hydrodictyaceen auf (siehe Kap. Weitere Mikrofossilien).

Vermutlich sind auch die Sedimente der Zone 3 ancyluszeitlichen Ursprungs. Somit können der obere Abschnitt der Zone 1 und die Zonen 2 und 3 als Ablagerungen des Ancyclus-Sees angesprochen werden; es handelt sich also insgesamt um eine Schicht von 3,74 m Mächtigkeit.

#### **Zone 4**

Obwohl die Sedimente der Zone 4 nur wenige identifizierbare Schalen enthalten, handelt es sich wahrscheinlich um Ablagerungen des Littorina-Meers. Die Artenzusammensetzung in dieser Zone (Diatomeen-Taxa, Chrysophyceen-Zysten und Sili-coflagellaten) ähnelt sehr stark der der littorinazeitlichen Ablagerungen in Zone 6, Bohrkern 212810.

Es fällt auf, dass die Ablagerungen aus dem Übergangsstadium des Mastogloia-Meers, die zwischen Zone 3 und Zone 4 zu erwarten gewesen wären, vollständig fehlen. Wahrscheinlich wurden sie erodiert.

## Bohrkern 212810

Das Kernprofil 212810 wurde dem nördlichen Teil der Pommerschen Bucht entnommen und stammt aus einer Wassertiefe von 52,4 m. Eine Übersicht über die Sedimentzusammensetzung wird in Tab. 32 gegeben. Alle biostratigrafischen Ergebnisse werden in Abbildung A12-A zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 32:** Korngrößen, Sedimentfarbe und Lage der Probenentnahmestellen in Bohrkern 212810

Teufe / cm	Korngröße	Farbe	Probenentnahmestellen, Teufe / cm
0-64	toniger Schlamm	5 G 2/1	10, 20, 40, 60
64-70	toniger Schluff → Schluff	5 G 2/1	66
70-146	Ton	5 Y 3/2	80-140 (in 20 cm-Abständen)
146-149	Schluff	5 Y 4/1	147
149-324	Ton	5 Y 4/1	150, 160-320 (in 20 cm-Abständen)
324-430	toniger Schluff	5 Y 4/1	340-420 (in 20 cm-Abständen)
430-600	Ton	10 YR 4/2	440, 460, 500, 550, 580

## Biostratigrafische Ergebnisse

Anhand der überlieferten Mikrofossilien lässt sich dieses Kernprofil in sechs Zonen untergliedern (zur Verbreitung der Chrysophyceen-Zysten, *Chaetoceros*-Sporen und Silicoflagellaten siehe Kap. Weitere Mikrofossilien).

### Zone 1

In der Zone 1, die den Abschnitt zwischen 600 und 305 cm T. umfasst, sind weder Diatomeenschalen noch andere fossile Mikroorganismen nachweisbar.

### Zone 2

In der Zone 2, zwischen 305 und 295 cm T., treten gut erhaltene Diatomeenschalen auf. Mit 13(520) Taxa ist die Artenzahl sehr niedrig. Dominant sind zwei oligohalobe Planktonarten, *Aulacoseira islandica* und *Stephanodiscus alpinus*, die zusammen knapp 92 % der Thanathozönose stellen. Insgesamt gehört ein Anteil von 95 % der planktischen Artengruppe an. Der Halobienindex beträgt 0.

74 % der Taxa sind als circumneutral eingestuft, 4 % als alkaliphil, 2 % als alkali-biont. Anhand dieser Anteile wurde ein durchschnittlicher pH-Wert von 6,7 ermittelt.

Eine Berechnung des Trophie-Index war nicht möglich, da sowohl der Anteil als auch die Anzahl der indikativen Taxa zu niedrig waren.

### Zone 3

Die Zone 3 erstreckt sich zwischen 295 und 85 cm T. In diesem Abschnitt konnten keine Mikrofossilien nachgewiesen werden.

### Zone 4

In Zone 4, zwischen 85 und 70 cm T., besteht die Flora zu 97 % aus benthischen, oligohaloben Arten; insgesamt sind 40(478) Taxa nachweisbar. Die Schalen sind sehr schlecht erhalten. Sie weisen erhebliche Korrosionsschäden auf, sind stark fraktioniert und ihre Konzentration ist niedrig. Es dominieren *Fragilaria martyi* (25 %), *Amphora pediculus* (15 %), *Cavinula scutelloides* (7 %) und verschiedene Formen von *Fragilaria construens* (11 %). Der Halobienindex beträgt 4.

76 % der Taxa sind als alkaliphil eingestuft, 11 % als alkalibiont. Circumneutrale Arten erreichen maximal 2 %, acidophile Taxa maximal 0,4 %. Der aus diesen Anteilen berechnete durchschnittliche pH-Wert beträgt 8,2.

Für den Trophie-Index lässt sich der Wert 4,3 ermitteln. Die Anzahl an indikativen Arten ist mit 7 allerdings sehr niedrig. Insgesamt sind nur 14 % der Taxa eingestuft; 9 % sind als eutraphent und 5 % als  $\alpha$ -meso-eutraphent klassifiziert.

### Zone 5

Die Zone 5 umfasst den Abschnitt zwischen 70 und 50 cm T. In den beiden Proben aus diesem Bereich konnten 42(480) bzw. 48(517) Taxa identifiziert werden. Schalen mit hohem Konservierungspotenzial sind stark angereichert (42 und 54 %). Alle Schalen sind sehr schlecht erhalten, so fehlen z. B. selbst bei den stark verkieselten Schalen von *Epithemia turgida* fast immer die proximalen Schalenteile.

Rund 95 % der nachgewiesenen Arten leben benthisch.

Der Anteil oligohalober Taxa beträgt 64 bzw. 52 % und ist damit gegenüber Zone 4 deutlich reduziert. Treten in 66 cm T. noch 34 % mesohalobe und 3 % polyhalobe Taxa auf, so hat sich der Anteil der Mesohalobien in 60 cm T. auf 30 % verringert, während der der Polyhalobien auf 10 % angestiegen ist.

Die dominierenden Taxa *Epithemia turgida*, *Grammatophora oceanica*, *Fragilaria martyi*, *Diploneis didyma* und *D. interrupta* (Fig. 2: 11-14) treten in beiden Teufen

auf, ihre relativen Anteile verschieben sich jedoch entsprechend der Erhöhung der Salinität.

34 bzw. 44 % der Taxa sind als alkalibiont eingestuft. Der Anteil der alkaliphilen Taxa sinkt innerhalb dieser Zone von 30 auf 8 % ab. Maximal 47 % der Taxa sind nicht eingestuft. Mithilfe dieser Anteile kann ein durchschnittlicher pH-Wert von 8,9 berechnet werden.

Die Berechnung des Trophie-Index war nicht möglich, da maximal 5 indikative Taxa auftreten. Insgesamt ist jedoch ein Anteil zwischen 28 und 42 % als eutraphent eingestuft.  $\alpha$ -meso-eutraphente Taxa erreichen maximal 1 %.

### **Zone 6**

Die Zone 6 umfasst den obersten Kernabschnitt zwischen 50 und 0 cm T. Der Anteil an fraktionierten Schalen ist in diesen Proben ebenfalls extrem hoch. Die stark verkieselten Schalen von *Actinocyclus octonarius* sind die einzigen, die vollständig vorliegen. Auch sind Schalen mit hohem Konservierungspotenzial deutlich angereichert. In einer Teufe von 40 cm werden Anteile von mehr als 50 % erreicht. Die Anzahl der Taxa schwankt zwischen 48(474) und 61(475).

Innerhalb dieses Abschnitts steigt der Anteil der Polyhalobien mit abnehmender Teufe von 58 auf 66 % an. Auch mesohalobe Taxa sind individuenreich vertreten; ihr Anteil schwankt zwischen 35 und 25 %. Im Gegensatz dazu fällt der Anteil der Oligohalobien von 9 auf 3 % ab.

Die Sedimente des älteren Kernabschnitts werden von den folgenden vier Arten – *Actinocyclus octonarius* (19 %), *Planothidium quarnerensis* (16 %), *Diploneis didyma* (13 %) und *Grammatophora oceanica* (10 %) – dominiert (Fig. 3: 1-14). In den jüngeren Abschnitten ist *Thalassionema nitzschioides* (25 %) das quantitativ bedeutendste Taxon. Subdominant sind *Actinocyclus octonarius* (9 %), *Pseudosolenia calcaravis* (5 %), *Planothidium quarnerensis* (4 %) und *Opephora mutabilis* (4 %).

Mit abnehmender Teufe verändern sich auch die Anteile der benthischen und planktischen Artengruppen. Der Anteil an benthischen Arten reduziert sich auf 50 %, während der Anteil der planktischen und benthisch/planktischen Artengruppe von 28 auf 50 % ansteigt.

Die Berechnung des pH-Werts und des Trophie-Index war aufgrund der niedrigen Anzahl indikativer Taxa und ihrer niedrigen Anteile nicht möglich.

## Biostratigrafische Auswertung

### Zone 1

Da in den Ablagerungen der Zone 1 keine Diatomeenschalen nachweisbar waren, sind keine ökostratigrafischen Aussagen möglich. Während es sich bei dem älteren, tonigen Abschnitt (600 bis 430 cm T.) wahrscheinlich um spätglaziale Ablagerungen des Baltischen Eisstausees handelt, sind der tonige Schluff und der Ton aus dem Abschnitt zwischen 430 und 305 cm T. im frühen Holozän deponiert worden. Vermutlich handelt es sich um Ablagerungen des Ancylus-Sees.

### Zone 2

Die Thanathozönose der Zone 2 ist ausschließlich aus oligohaloben Taxa zusammengesetzt. Nach ZIEMANN (1997b) handelt es sich um „typisches Süßwasser“, ein gut gepuffertes  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -Gewässer. Anhand des Halobienindex lässt sich ein maximaler Chlorid-Gehalt von 25 mg/l bestimmen. Das entspricht unbelastetem Süßwasser.

Mit *Aulacoseira islandica* dominiert hier ein planktisches Taxon, das eine Leitform der Ancylus-Phase darstellt. Rezent ist es kosmopolitisch in Süßwasserseen und langsam fließenden Gewässern verbreitet (CHOLNOKY 1968; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991a). *Stephanodiscus alpinus*, die subdominante Art dieser Zone, ist ebenfalls ein Kosmopolit und lebt rezent im Pelagial von Seen (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991a).

Die Thanathozönose dieser Zone ist fast ausschließlich aus Planktonformen zusammengesetzt. Das weist auf große Wassertiefen während der Sedimentation hin. In rezenten Seen dominieren planktische Taxa erst ab einer Wassertiefe von 19 m (VOIGT 1996). Bezieht man die Wassertiefe (52,4 m), aus der der Kern entnommen wurde, und den Höchststand des Ancylus-Sees von 19 m unter NN (LEMKE et al. 1998; JENSEN et al. 1999) in die Auswertung ein, so ergibt sich eine Paläo-Wassertiefe von deutlich mehr als 30 m.

Eine Rekonstruktion des trophischen Status mithilfe des Trophie-Index war nicht möglich, da die beiden die Thanathozönose prägenden Taxa im Indikationssystem von HOFMANN (1994) nicht erfasst sind. Die Angaben über die trophischen Präferenzen der beiden dominierenden Arten in anderen Quellen variieren stark. SCHÖNFELDER (1997) gibt für beide Arten ein TP-Optimum von  $>100 \mu\text{g/l}$  an. Beide Taxa treten also

in Brandenburg in eutrophierten Gewässern auf. WUNSAM & SCHMIDT (1995) beobachteten *Stephanodiscus alpinus* unter oligotrophen Bedingungen. KLEE & STEINBERG (1987) wiederum haben *S. alpinus* in Gewässern sämtlicher Trophie-Stufen beobachtet. *Aulacoseira islandica* wird von KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991a) als Bewohner meso- bis oligotropher Gewässer charakterisiert. In den großen Seen Nordamerikas bevorzugt *A. islandica* eine oligotrophe Umgebung (STOERMER et al. 1981). KLEE (mündl. Mitteilung) beobachtete *A. islandica* als Leitform im Frühjahrsplankton im oligo- bis mesotrophen Starnberger See. *S. alpinus* wurde von ihm ebenfalls in nährstoffärmeren Gewässern beobachtet. Diese differierenden Angaben ermöglichen nur begrenzt eine Aussage über den trophischen Status des Paläogewässers. Wahrscheinlich ist er im meso- bis oligotrophen Bereich einzuordnen.

Aussagekräftiger ist in diesem Zusammenhang eine andere Eigenschaft, die beide Taxa auszeichnet; sowohl *A. islandica* als auch *S. alpinus* sind kälteliebend. RODHE (1948) gibt für *A. islandica* ein Temperaturoptimum von 10 °C an. HUSTEDT (1962) fand die Art vorwiegend im Winterplankton norddeutscher Seen. KLEE (mündl. Mitteilung) charakterisiert sie als kalt-stenotherm. Er beobachtete *A. islandica* regelmäßig im Frühjahrsplankton bayrischer Seen. Der Befund von HUSTEDT (in HUBER-PESTALOZZI 1942), der *S. alpinus* als kalt-stenotherm klassifiziert, wird von KLEE & STEINBERG (1987) bestätigt. STOERMER & LADEWSKI (1976) konnten diese Art mit hohen Abundanzen bei ca. 2 °C nachweisen. Durch die Dominanz dieser beiden Taxa in der Zone 2 ist ein Rückschluss auf die Paläo-Wassertemperatur möglich. Demnach hat sich der stetige Schmelzwasserzufluss im Norden auch noch in diesem südlichen Abschnitt des Ancyclus-Sees bemerkbar gemacht und dort für niedrige Wassertemperaturen gesorgt.

Der berechnete durchschnittliche pH-Wert liegt mit 6,7 knapp unterhalb des Neutralpunktes. Dieser Wert beruht jedoch fast ausschließlich auf der Einstufung von *Aulacoseira islandica* als circumneutral, da für die subdominante Art *Stephanodiscus alpinus* keine Klassifizierung vorlag. Alle weiteren Taxa, die nur mit extrem niedrigen Anteilen vertreten sind und wahrscheinlich aus ufernahen Bereichen eingespült wurden, sind als alkaliphil oder alkalibiont klassifiziert. Das deutet einen höheren pH-Wert an. Obwohl also ein hoher Anteil klassifizierter Taxa vorliegt, ist das Ergebnis keineswegs gut abgesichert.

Wahrscheinlich spiegelt die Thanathozönose ein gutes Bild der Ausgangsassoziation wider. Innerhalb dieser Zone sind die Diatomeenschalen sehr gut erhalten, und obwohl die Thanathozönose mit einem Anteil von 74 % von *A. islandica* dominiert wird, einem Taxon, dessen Schalen ein hohes Konservierungspotenzial besitzen, kann das hier nicht als Anzeichen für selektive Auflösung gewertet werden. Denn auch rezent tritt *A. islandica* im Starnberger See häufig in Blüten auf (KLEE mündl. Mitteilung).

Die Sedimente der Zone 2 sind im frühen Holozän in einem Abschnitt des Ancyclus-Sees in einer Wassertiefe von mindestens 30 m deponiert worden. Die Diatomeen indizieren eine vermutlich meso- bis oligotrophe Umgebung mit niedrigen Wassertemperaturen.

### **Zone 3**

In Zone 3 waren keine Diatomeenschalen nachweisbar, ökostratigrafische Aussagen sind dementsprechend nicht möglich. Die Sedimente dieser Zone können jedoch dem frühen Holozän und dem Ancyclus-See zugeordnet werden, da sowohl das Liegende als auch das Hangende in dieser Phase deponiert wurde.

### **Zone 4**

In Zone 4 dominieren deutlich oligohalobe Taxa. Neben der Analyse der autökologischen Präferenzen lässt auch der Halobienindex den Rückschluss auf unbeeinflusstes Süßwasser zu. Halobionte Arten treten nur mit sehr geringen Anteilen auf, ihr Nachweis deutet jedoch schon auf eine erste Beeinflussung durch salzhaltiges Wasser hin.

Auffällig ist der Artenwechsel, der zwischen Zone 2 und Zone 4 stattgefunden hat. In der Zone 2 treten 92 % planktische Taxa auf. Die Sedimente dieser Zone sind dementsprechend wahrscheinlich während des Höchststands des Ancyclus-Sees deponiert worden, wodurch sich eine Paläowassertiefe von > 30 m rekonstruieren lässt. In Zone 4 liegen 97 % benthischen Arten vor. Diese deutliche Veränderung im Artgefüge kann als Folge der Ancyclus-Regression gewertet werden. Vor ca. 9.300 Jahren BP erfolgte eine Absenkung des Wasserspiegels um 8 bis 10 m (BJÖRCK 1995; LEMKE et al. 1998), und die Sedimente der Zone 4 können dieser Entwicklungsphase zugeordnet werden.



Mit *Fragilaria martyi*, *Amphora pediculus*, *Cavinula scutelloides*, Formen von *Fragilaria construens* und *F. lapponica* treten hier typische und weit verbreitete Litoralformen des Ancylus-Sees auf (ABELMANN 1985; WITKOWSKI 1994; KABAILIENĖ 1999; WITKOWSKI & MILLER 1999; JENSEN et al. 1999). Eine Kumulation von Taxa gleicher Substratpräferenz liegt nicht vor. Die meisten Arten wurden rezent auf Feinsedimenten bzw. epilithisch beobachtet (HOFMANN 1994; SNOEIJNS 1993; SNOEIJNS & VILBASTE 1993). Lediglich epiphytische Taxa sind selten.

Der überwiegende Teil der Taxa ist als alkaliphil klassifiziert. Mithilfe der pH-Rekonstruktion nach ARZET (1987) ergibt sich für das Paläogewässer ein durchschnittlicher pH-Wert von 8,2; er liegt damit deutlich im alkalischen Bereich.

Mithilfe des Trophie-Index lässt sich für das Paläogewässer ein eutrophes Milieu rekonstruieren. Die Anzahl bzw. der Anteil an indikativen Taxa ist mit 6 bzw. 14 % allerdings sehr niedrig. Bezieht man neben HOFMANN (1994) andere Klassifikationen in die Auswertung ein, erhöht sich der Anteil der als meso- bis eutraphent und als eutraphent eingestuften Arten deutlich (DENYS 1991; VAN DAM et al. 1994; VOIGT 1996; LANGE-BERTALOT 1996). Dadurch wird das nur schwach abgesicherte Ergebnis des Trophie-Index bestätigt.

Obwohl der überwiegende Teil der Taxa Schalen mit moderatem Konservierungspotenzial besitzt und die Taxazahl relativ hoch ist, lässt sich eine starke Beeinflussung der Artenzusammensetzung durch Lösungsprozesse nicht ausschließen. Da der Erhaltungsgrad der Schalen extrem schlecht ist und viele Schalen stark fraktioniert sind, muss von Veränderungen im Artgefüge durch selektive Auflösung ausgegangen werden.

Die Ablagerungen der Zone 4 sind im frühen Holozän in einem alkalischen, eutrophen Abschnitt des Ancylus-Sees in einer Flachwasserzone entstanden.

## **Zone 5**

Innerhalb der Zone 5 treten in den Thanathozönosen sukzessiv Veränderungen im Artgefüge auf, die den für die Mastogloia-Phase typischen Anstieg der Salinität indizieren. Zwar dominieren im gesamten Abschnitt noch eindeutig die Oligohalobien, der Anteil der mesohaloben Taxa ist jedoch stark erhöht. Auch der Anteil der polyhaloben Arten steigt mit abnehmender Teufe an.

In der gesamten Zone dominiert *Epithemia turgida*. Dabei handelt es sich um ein oligohalobes Taxon, das auch höhere Elektrolytgehalte toleriert und stellenweise in

leicht brackigem Wasser anzutreffen ist (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1988). Es wächst bevorzugt epiphytisch (ibd.; SNOEIJNS 1993). Insgesamt besteht die Thanathozönose aus einem Gemisch von Arten mit den unterschiedlichsten Substratpräferenzen, wobei auch die bevorzugt epiphytisch wachsenden Taxa nicht fehlen.

Eine Erhöhung des Wasserspiegels ist anhand der Artenzusammensetzung nicht nachweisbar. In der gesamten Zone dominieren benthische Taxa. Der im Vergleich zum Liegenden geringfügig erhöhte Anteil an Planktonorganismen ist keinesfalls aussagekräftig.

Eine Rekonstruktion des durchschnittlichen pH-Wertes nach ARZET (1987) ist nur begrenzt möglich, da teilweise nur knapp die Hälfte der Taxa indikativ sind. In die Berechnung gehen verstärkt alkalibionte Arten ein, und es kann ein durchschnittlicher pH-Wert von 8,9 ermittelt werden. Ein großer Teil der Taxa, der nicht in die Berechnung eingeht, ist als meso- oder polyhalob klassifiziert. Es handelt sich dementsprechend um Arten, die immer in Gewässern vorkommen, deren pH-Wert deutlich über dem Neutralpunkt liegt. Dadurch wird das nur schwach abgesicherte Ergebnis der pH-Rekonstruktion unterstützt.

Obwohl nach dem System von HOFMANN (1994) regelmäßig über 28 % der Taxa klassifiziert sind, ist die Berechnung des Trophie-Index nicht möglich, da jeweils nur eine Anzahl von fünf indikativen Arten auftritt. Der überwiegende Teil der eingestuften Taxa ist als eutraphent klassifiziert. Bezieht man neben den Einstufungen von HOFMANN (1994) auch andere Quellen in die Auswertung ein, so erhöhen sich vor allem die Anteile der eutraphenten und der meso- bis eutraphenten Taxa (DENYS 1991; VAN DAM et al. 1994; VOIGT 1996; LANGE-BERTALOT 1996). Deshalb ist die Einstufung des Paläogewässers als eutroph gerechtfertigt.

Die starke Dominanz von *Epithemia turgida*, einem Taxon mit stark verkieselten Schalen, ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass während der Sedimentation eine erhebliche Beeinflussung der Ausgangsassoziation durch Lösungsprozesse stattgefunden hat. Insgesamt sind rund die Hälfte der hier auftretenden Taxa durch Schalen mit hohem Konservierungspotenzial gekennzeichnet, und selbst diese Schalen sind häufig noch fraktioniert. Wahrscheinlich wurde also ein erheblicher Anteil der Ausgangsassoziation nicht überliefert. Viele dieser Merkmale sind typisch für Ablagerungen des Mastogloia-Meers (WESTMAN & SOHLENIUS 1998), und aufgrund der Indikati-

onswirkung der überlieferten Schalen haben diese Veränderungen höchstens geringe Auswirkungen auf die rekonstruierten Faktoren pH-Wert und Trophie gehabt. Die Sedimente der Zone 5 stammen aus dem brackigen Übergangsstadium des Mastogloia-Meers. Das Paläomilieu war deutlich alkalisch und eutroph.

### **Zone 6**

In der Zone 6 dominieren halobionte Taxa. Bereits in den älteren Abschnitten stellen die Polyhalobien den größten Anteil der Thanathozönose. Mit abnehmender Teufe steigt ihr Anteil weiter an, während der Anteil der mesohaloben Taxa leicht sinkt. Der Anteil an oligohaloben Arten ist bereits in den ältesten Abschnitten niedrig, und er sinkt mit abnehmender Teufe weiter ab. Das zeigt, dass innerhalb des Ablagerungszeitraums der Salzgehalt des Paläogewässers weiterhin kontinuierlich anstieg.

Die Thanathozönosen indizieren einen Anstieg des durchschnittlichen Salzgehalts in der Pommerschen Bucht während der Littorina-Phase auf mindestens 13 ‰, vermutlich erreichte er sogar mehr als 15 ‰. Im obersten Abschnitt dieser Zone dominiert *Thalassionema nitzschioides* mit einem Anteil von 25 %. *T. nitzschioides* ist bei einem Salzgehalt unterhalb von 13 ‰ nicht mehr lebensfähig (KELL 1973). PANKOW (1990) stuft dieses Taxon als polyhalob meio- bis mesoeuryhalin ein. Neben *T. nitzschioides* ist ein Anteil von insgesamt 16 % der Taxa ebenfalls als polyhalob meioeuryhalin eingestuft (PANKOW 1990) und dementsprechend auf einen Salzgehalt über 15 ‰ angewiesen. In diese Gruppe gehören z. B. *Planothidium quarnerensis*, *Pseudosolenia calcaravis*, *Rhabdonema minutum*, *R. arcuatum*, *Plagiogramma staurophorum* und *Chaetoceros mitra*, dessen Sporen in dieser Zone beobachtet werden konnten.

Neben einer Erhöhung des Salzgehalts ist auch ein Anstieg des Wasserspiegels aus der Artenzusammensetzung abzuleiten. Der Anteil an planktischen Taxa steigt mit abnehmender Teufe kontinuierlich an. In dem älteren Sedimentabschnitt dominieren noch benthische Arten. Mit *Actinocyclus octonarius* erreicht jedoch bereits eine planktische Art den höchsten Anteil. Die Thanathozönosen des jüngeren Kernabschnitts bestehen zu einem großen Teil aus planktischen Organismen. *Thalassionema nitzschioides* ist hier das quantitativ bedeutendste Taxon. Daneben treten *Actinocyclus octonarius*, *Pseudosolenia calcaravis*, *Hyalodiscus scoticus* und *Paralia sulcata* auf.

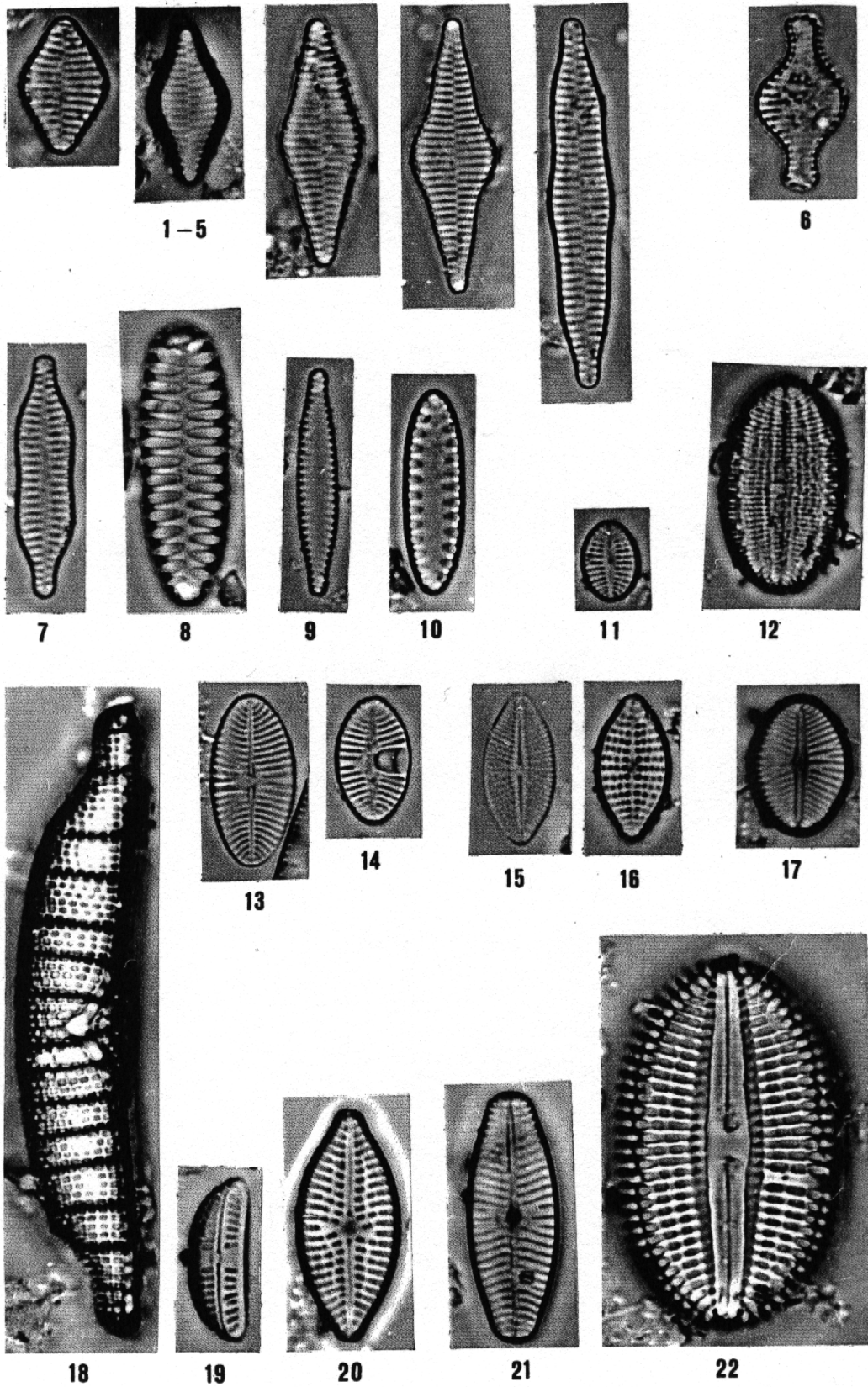
Auch in dieser Zone sind die Thanathozönosen, besonders die der älteren Abschnitte, stark durch selektive Auflösung beeinflusst. 50 % der Schalen dort besitzen ein hohes Konservierungspotenzial. Insgesamt sind die Schalen erheblich fraktioniert, so konnte z. B. von *Thalassionema nitzschioides* keine vollständig erhaltene Schale beobachtet werden. Daneben liefert die hohe Konzentration an *Chaetoceros*-Sporen ebenfalls einen deutlichen Hinweis auf die geringe Authentizität (siehe Kap. Weitere Mikrofossilien). Aufgrund der Indikationswirkung der überlieferten Schalen ist es jedoch unwahrscheinlich, dass diese Veränderungen wesentliche Auswirkungen auf die rekonstruierte Salinität hatten.

Die Sedimente der Zone 6 sind zu Beginn der Littorina-Phase deponiert worden, eine genauere zeitliche Einordnung ist nicht möglich. Die Diatomeenflora indiziert eine Erhöhung des Salzgehalts auf mindestens 13 ‰ und einen deutlichen Anstieg des Wasserspiegels.

## Tafel 1

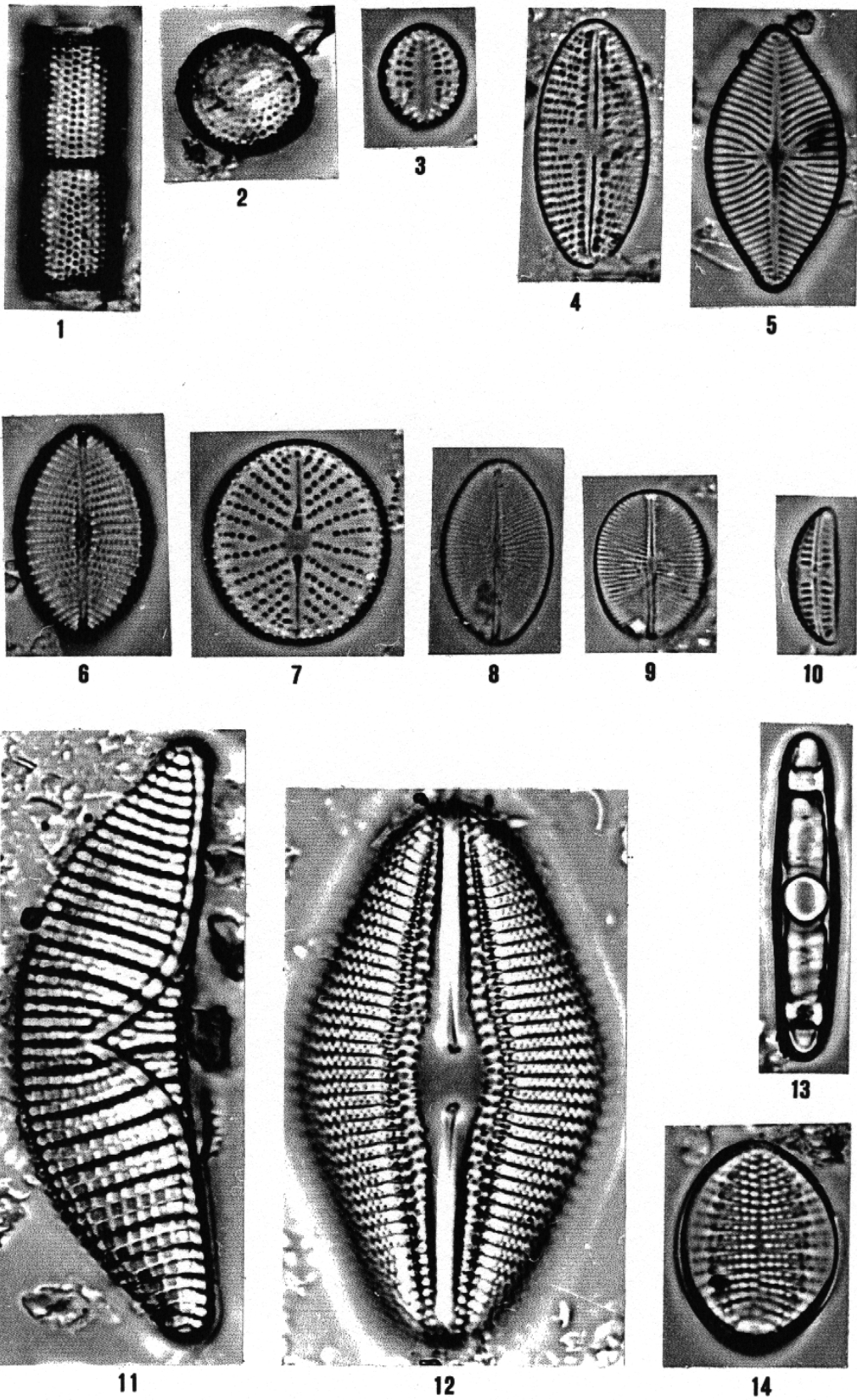
- Fig. 1-5: *Fragilaria inflata* var. *istvanffy* (Pantocsek) Hustedt  
Fig. 6: *Fragilaria construens* f. *construens* (Ehrenberg) Hustedt  
Fig. 7: *Fragilaria construens* f. *binodis* (Ehrenberg) Hustedt  
Fig. 8: *Fragilaria martyi* (Héribaude) Lange-Bertalot  
Fig. 9: *Fragilaria brevistriata* Grunow in Van Heurck  
Fig. 10: *Fragilaria lapponica* Grunow in Van Heurck  
Fig. 11: *Cocconeis neothumensis* Krammer  
Fig. 12: *Cocconeis placentula* Ehrenberg var. *placentula*  
Fig. 13-14: *Planolithidium joursacense* (Héribaude) Lange-Bertalot  
Fig. 15-16: *Achnanthes clevei* Grunow var. *clevei*  
Fig. 17: *Navicula rotunda* Hustedt  
Fig. 18: *Epithemia adnata* (Kützing) Brébisson  
Fig. 19: *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow  
Fig. 20: *Aneumastus minor* (Hustedt) Lange-Bertalot  
Fig. 21: *Geissleria schoenfeldii* (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin  
Fig. 22: *Diploneis domblittensis* (Grunow) Cleve

Fig. 1-22: (x1500)  
Typische Taxa aus dem Paläogewässer der Pommerschen Bucht zur  
Zeit des Baltischen Eisstausees vor ca. 12.000 Jahren BP in Kernprofil  
212860



## Tafel 2

- Fig. 1-2: ***Aulacoseira islandica*** (O. Müller) Simonsen
- Fig. 3: ***Cocconeis pseudothumensis*** Reichardt
- Fig. 4: ***Navicula farta*** Hustedt
- Fig. 5: ***Navicula porifera*** Hustedt
- Fig. 6: ***Navicula jentzschii*** Grunow
- Fig. 7: ***Cavinula scutelloides*** (W. Smith) Lange-Bertalot
- Fig. 8: ***Cavinula cocconeiformis*** (Gregory ex Greville) D. G. Mann & A. J. Stickle
- Fig. 9: ***Cavinula jaernefeltii*** (Hustedt) D. G. Mann & A. J. Stickle
- Fig. 10: ***Amphora pediculus*** (Kützing) Grunow
- Fig. 11: ***Epithemia turgida*** (Ehrenberg) Kützing
- Fig. 12: ***Diploneis smithii* var. *rhombica*** Mereschkowsky
- Fig. 13: ***Grammatophora oceanica*** (Ehrenberg) Grunow
- Fig. 14: ***Cocconeis hoffmannii*** Simonsen
- 
- Fig. 1-10 (x1500)  
Typische Taxa des Ancyclus-Sees in der Pommerschen Bucht vor ca. 9.300 Jahren BP in Kernprofil 212790
- 
- Fig. 11-14 (x1500)  
Typische Taxa des Mastogloia-Meers in der Pommerschen Bucht in Kernprofil 212810

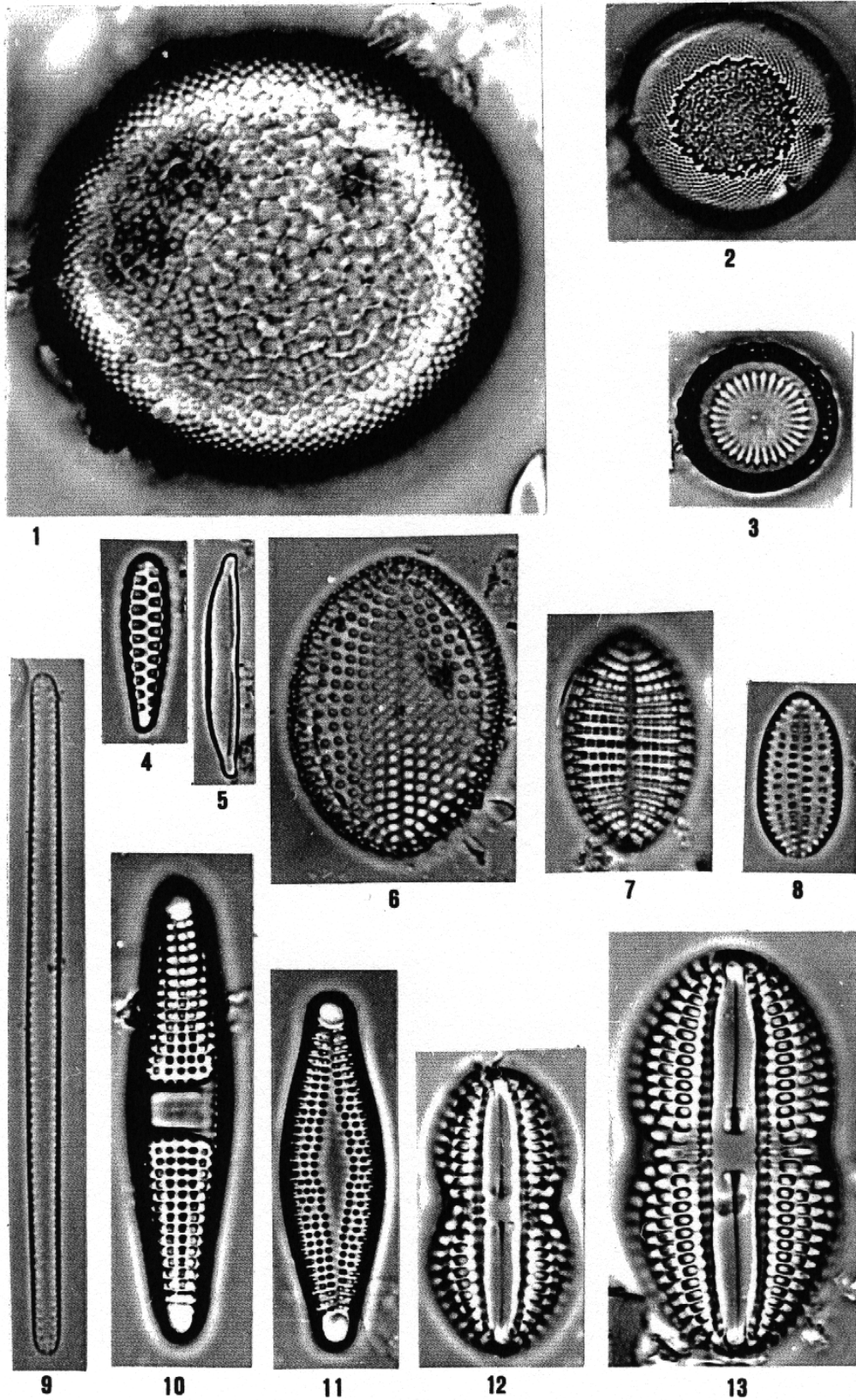




## Tafel 3

- Fig. 1: *Actinocyclus octonarius* Ehrenberg  
Fig. 2: *Hyalodiscus scoticus* (Kützing) Grunow  
Fig. 3: *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve  
Fig. 4: *Opephora mutabilis* (Grunow) Sabbe & Vyvermann  
Fig. 5: *Catenula adhaerens* Mereschkowsky  
Fig. 6: *Cocconeis scutellum* Ehrenberg **var. *scutellum***  
Fig. 7: *Cocconeis stauroneiformis* (W. Smith) Okuno  
Fig. 8: *Cocconeis discrepans* A. Schmidt  
Fig. 9: *Thalassionema nitzschioides* Grunow  
Fig. 10: *Plagiogramma staurophorum* (Gregory) Heiberg  
Fig. 11: *Dimeregramma minor* (Gregory) Ralfs **var. *minor***  
Fig. 12, 13: *Diploneis didyma* (Ehrenberg) Ehrenberg

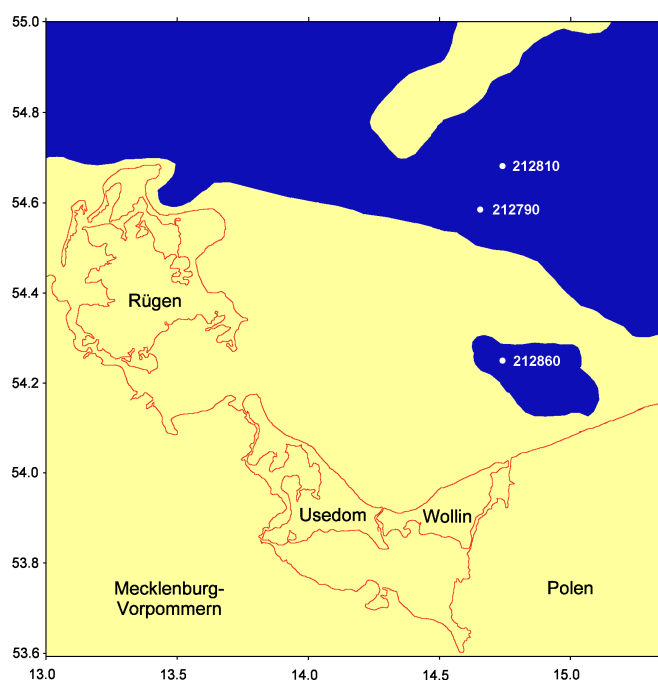
Fig. 1-14 (x1500)  
Typische Taxa des Littorina-Meers in der Pommerschen Bucht  
in Kernprofil 212810



## Landschaftsentwicklung der Pommerschen Bucht

### Spätglazial (Baltischer Eisstausee)

Vor rund 14.000 Jahren BP zog sich das Eis aus dem Gebiet der Pommerschen Bucht zurück (USCINOWICZ 1999). In der Region bildete sich eine Landschaft aus, die von Toteisblöcken und kleinen, unabhängigen Seen geprägt war (KRAMARSKA 1998; VERSE et al. 1998). Die weitere Entwicklung des Gebiets lief nach dem Rückzug des Eises im nördlichen und südlichen Abschnitt sehr unterschiedlich ab:



**Abb. 14:** Paläogeografische Karte der Pommerschen Bucht

Dargestellt wird das Untersuchungsgebiet zur Zeit des Höchststandes des Baltischen Eisstausees vor rund 12.700 Jahren BP. Die eingezeichnete Größe des Paläogewässers im südlichen Teil der Pommerschen Bucht orientiert sich an den rezenten Wassertiefen, die tatsächliche Ausdehnung ist bislang nicht bekannt (rot: rezente Küstenlinie, gelb: Land, dunkelblau: Süßwasser, •212860: Kernstation).

Der nördliche Abschnitt der Pommerschen Bucht wurde zeitweilig vom Wasserkörper des Baltischen Eisstausees überflutet (Abb. 14); während seiner Transgressionsphasen, vor rund 12.000 und 10.300 Jahren BP, erreichte der Baltische Eisstausee einen maximalen Wasserstand von 20 m unter NN (BJÖRCK 1995; JENSEN et al. 1997; LEMKE et al. 1998), sodass die nördlichen Abschnitte weiträumig transgrediert wurden. Aus diesen Perioden stammen wahrscheinlich die dort lagernden weitgehend fossilfreien Tone.

Der südliche Abschnitt der Pommerschen Bucht hat sich unabhängig von den Ereignissen im Norden entwickelt; hier blieben einzelne unabhängige Seen erhalten. Die

Diatomeenflora, die in der Flachwasserzone eines solchen Süßwassersees (Abb. 14) deponiert wurde, indiziert eine alkalische, meso- bis schwach eutrophe Paläoumwelt. Typische Taxa waren *Achnanthes clevei*, *Amphora pediculus*, *Cocconeis neothumensis*, *Fragilaria brevistriata*, *F. inflata* var. *istvanffy* und *F. martyi*.

Die beiden Gewässer im Norden und im Süden der Pommerschen Bucht hatten keine direkte Verbindung zueinander. Der unterschiedliche Erhaltungsgrad der überlieferten Diatomeenschalen zeigt darüber hinaus an, dass es zwischen den beiden Paläogewässern erhebliche Milieuunterschiede gegeben hat.

Im nördlichen Abschnitt der Pommerschen Bucht konnten in den spätglazialen Tonen nur vereinzelte und nicht identifizierbare Schalenbruchstücke nachgewiesen werden. Diese Beobachtung entspricht dem Regelfall: Die für den Eisstausee typischen Bändertone sind weitgehend fossilfrei (ABELMANN 1985). Nur in wenigen Teilgebieten konnten bisher fossile Mikroorganismen in den Ablagerungen dieser Phase nachgewiesen werden; die Konzentration und der Erhaltungsgrad der Schalen war in diesen Fällen meistens niedrig (JENSEN et al. 1997; KOWALCZYK et al. 1999). Die Ursache dafür ist noch weitgehend ungeklärt. Es wird diskutiert, ob die Belastung mit Schwebfracht aus dem Schmelzwasser des Gletschereises zu groß war, um Algenwachstum zu ermöglichen. Auch ein starker Verdünnungseffekt durch die Schwebfracht ist im Gespräch (ABELMANN 1985; KOWALCZYK et al. 1999).

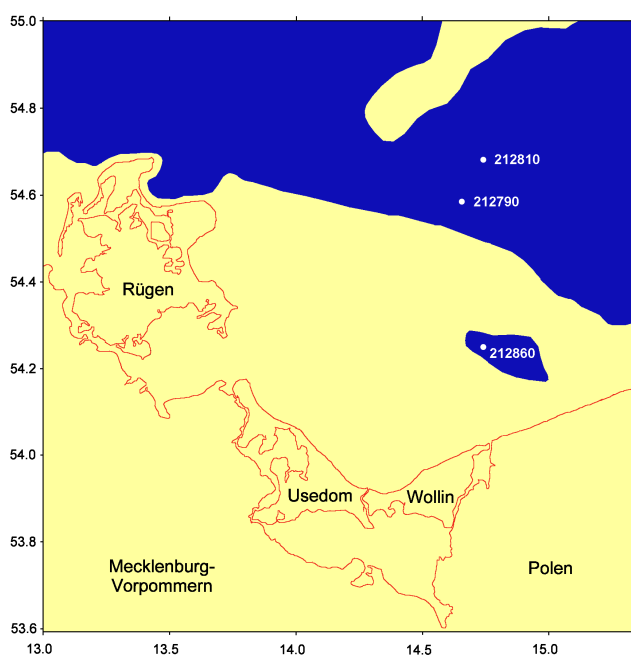
In den Ablagerungen des Süßwassersees im südlichen Abschnitt der Pommerschen Bucht konnten in der aktuellen Untersuchung in einer immerhin 2,4 m mächtigen Schicht regelmäßig Diatomeenschalen beobachtet werden; diese Schalen traten in ausreichenden Konzentrationen auf und waren im Durchschnitt moderat erhalten. Dieses Gewässer bot den Kieselalgen somit ausreichende Lebensbedingungen an, und eine merkliche Beeinflussung durch Toteis oder durch mit Schwebfracht belastetes Schmelzwasser kann weitgehend ausgeschlossen werden.

### **Alleröd und Jüngere Dryas**

In den Kernprofilen aus beiden Abschnitten der Pommerschen Bucht fehlen die Ablagerungen aus Alleröd und Jüngerer Dryas (BENNIKE schriftl. Mitteilung). Während des Alleröds waren wahrscheinlich weite Abschnitte der Pommerschen Bucht nicht von Wasser bedeckt und somit erodierenden Prozessen preisgegeben. Die Ablagerungen der Jüngeren Dryas wurden vermutlich erodiert.

### Frühes Holozän (Ancylus)

Während des frühen Holozäns war das Gebiet vermutlich ähnlich wie zur Zeit des Baltischen Eisstausees gestaltet: Der nördliche Abschnitt war vom Wasserkörper des Ancylus-Sees bedeckt, während im Süden kleine unabhängige Süßwasserseen auftraten. Eine direkte Verbindung zwischen den einzelnen Paläogewässern kann ausgeschlossen werden, da auch der Ancylus-See mit einem Höchststand von ca. 19 m unter NN (LEMKE et al. 1998; JENSEN et al. 1999) die südlichen Abschnitte der Pommerschen Bucht nicht überflutete.



**Abb. 15:** Paläogeografische Karte der Pommerschen Bucht

Dargestellt wird das Untersuchungsgebiet zur Zeit des Höchststandes des Ancylus-Sees vor rund 9.300 Jahren BP. Die eingezeichnete Größe des Paläogewässers im südlichen Teil der Pommerschen Bucht orientiert sich an den rezenten Wassertiefen, die tatsächliche Ausdehnung ist bislang nicht bekannt (rot: rezente Küstenlinie, gelb: Land, dunkelblau: Süßwasser, •212860: Kernstation).

Im Süden der Pommerschen Bucht befand sich an gleicher Position wie im Spätglazial ein flacher, alkalischer Süßwassersee, dessen Wasser, im Gegensatz zu früher, jedoch deutlich eutroph war (Abb. 15). Typische Taxa dieses Paläogewässers waren *Achnanthes clevei*, *Amphora pediculus*, *Cavinula scutelloides*, *Fragilaria brevistriata*, *F. martyi* und *Navicula utermoehlii*. Eine Aussage über die Existenzdauer dieses Sees ist nicht möglich, da nur eine Schicht von 11 cm Mächtigkeit überliefert wurde. Wahrscheinlich ist ein großer Teil der Ablagerungen dieser Periode erodiert. Obwohl die beiden Paläogewässer im Norden und Süden der Pommerschen Bucht nicht miteinander verbunden waren, haben sich in dieser Entwicklungsphase in bei-

den Wasserkörpern offenbar dieselben Milieubedingungen ausgebildet: Die gleichen Arten wie im Süden traten in ähnlichen Dominanzverhältnissen zur selben Zeit im nördlichen Abschnitt der Pommerschen Bucht auf. Sie ließen sich dort in Sedimenten nachweisen, die eindeutig dem Ancyclus-See zugeordnet werden können. In den flachen, ufernahen Abschnitten dieses Paläogewässers dominierten *Amphora pediculus*, *Cavinula scutelloides*, *Cocconeis pseudothumensis*, *Fragilaria brevistriata*, *F. construens* inklusive Formen, *F. inflata* var. *istvanffy*, *F. lapponica*, *F. martyi*, *Navicula farta*, *N. jentzschii* und *Planothidium joursacense*. Das Artgefüge indiziert auch hier eine alkalische, eutrophe Paläoumgebung. In tieferen Zonen bzw. in den Ablagerungen, die wahrscheinlich während der maximalen Transgressionsphase des Ancyclus-Sees vor rund 9.300 Jahren BP deponiert wurden, waren *Aulacoseira islandica*, *Stephanodiscus alpinus*, *Aulacoseira ambigua*, *A. granulata* und *Stephanodiscus neoastraea* verbreitet. In dieser Periode scheint der Einfluss des Schmelzwassers auch in diesem südlich gelegenen Abschnitt des Ancyclus-Sees stärker spürbar gewesen zu sein, was sich in Form einer niedrigen Wassertemperatur und einem geringeren TP-Gehalt bemerkbar machte.

Insgesamt konnte im nördlichen Abschnitt der Pommerschen Bucht eine Schicht von rund 3,60 m Mächtigkeit als Ablagerung des Ancyclus-Sees angesprochen werden. Innerhalb dieser Sedimentschicht ist die Überlieferung der Diatomeenschalen sehr unterschiedlich ausgeprägt. Generell ist der Erhaltungsgrad der Schalen in den Sedimentabschnitten, die während der maximalen Transgressionsphase des Ancyclus-Sees deponiert wurden, signifikant besser als in den Abschnitten, die zu Beginn der Transgression und in der anschließenden Regressionsphase abgelagert worden sind. Dort sind in beiden Kernprofilen die Schalen entweder vollständig aufgelöst oder nur in Form stark korrodierter Bruchstücke überliefert. Vermutlich war die Konzentration an gelöstem SiO<sub>2</sub> in dieser Zeit äußerst niedrig, sodass in Kombination mit einem hohen durchschnittlichen pH-Wert und der in den flachen Gewässerabschnitten wahrscheinlich leicht erhöhten Wassertemperatur die Schalen schon vor der Einbettung im Sediment wieder vollständig aufgelöst wurden.

### **Atlantikum (Mastogloia)**

Auch in diesem Entwicklungsstadium blieb die grundsätzliche Trennung zwischen dem nördlichen und dem südlichen Abschnitt erhalten. Der Einstrom des salzhaltigen Wassers aus dem Westen hatte im südlichen Abschnitt der Pommerschen Bucht

keinerlei Konsequenzen; dieser Bereich war wahrscheinlich weiterhin von einzelnen, unabhängigen Seen bedeckt, die keine direkte Verbindung zum Paläogewässer im Norden hatten. Hingegen wandelte sich im nördlichen Abschnitt der Pommerschen Bucht die Paläoumwelt durch den Einstrom salzhaltigen Wassers entscheidend. Die ersten Salzwassereinbrüche am Beginn der Mastogloia-Phase hatten kaum Auswirkungen auf den Salzgehalt des Paläogewässers. In der Pommerschen Bucht äußerten sie sich zunächst vor allem in einer Verbesserung des Erhaltungsgrads der Diatomeenschalen. Während die Ancyclus-Sedimente aus der Regressions-Phase weitgehend fossilfrei sind, wurden zu Beginn der Mastogloia-Phase wieder Schalen überliefert.

In Bezug auf die Salinität des Paläogewässers indizieren die Veränderungen in der Zusammensetzung der Diatomeenflora einen zunächst nur geringen aber deutlichen Anstieg des Salzgehalts. Halophobe Süßwassertaxa werden von oligohaloben Arten abgelöst, die auch leicht erhöhte Salzkonzentrationen tolerieren, und auch mesohalobe Taxa treten verstärkt auf.

Des Weiteren deutet die Diatomeenflora auf ein unverändert alkalisches und eutrophes Paläomilieu hin, wobei der TP-Gehalt, ähnlich wie in anderen Teilgebieten (WITKOWSKI & MILLER 1999), durch den Einstrom des Meerwassers wahrscheinlich gestiegen ist.

In der Mastogloia-Phase trat ein drastischer Wechsel im Artgefüge der Diatomeenflora auf. Die prägenden Taxa nach den ersten Salzwasserintrusionen waren *Diploneis didyma*, *D. interrupta*, *Epithemia turgida*, *Fragilaria martyi* und *Grammatophora oceanica*. Aus dem westlichen Bornholmbecken, dem westlichen Gotlandbecken und der Danziger Bucht sind ähnliche Artenzusammensetzungen beschrieben worden (ORTHAUS 1978 zitiert in ABELMANN 1985; WITKOWSKI 1994; WESTMAN & SOHLENIUS 1998). Die Mastogloia-Flora der Pommerschen Bucht unterscheidet sich jedoch deutlich von der der skandinavischen Gebiete; dort dominierten häufig Arten der namensgebenden Gattung *Mastogloia* (ALHONEN 1971).

Kennzeichnend für die Sedimente dieser Periode ist außerdem eine außerordentlich hohe Konzentration an Chrysophyceen-Zysten, denen eine wichtige Indikatorfunktion zukommt (siehe Kap. Weitere Mikrofossilien). Ähnlich hohe Abundanzen wie in den Sedimenten der Pommerschen Bucht konnten auch in anderen Teilgebieten be-

obachtet werden (ABELMANN 1985; WITKOWSKI 1994; WESTMAN & SOHLENIUS 1995; SOHLENIUS & WESTMAN 1996; SOHLENIUS et al. 1996; WITKOWSKI & MILLER 1999; ZGRUNDO 1999). Wie in vielen anderen Teilgebieten der Ostsee lassen sich auch in der Pommerschen Bucht anhand der Artenzusammensetzung keinerlei Veränderungen hinsichtlich der Höhe des Wasserstandes ableiten. Sowohl in den Mastogloia-Ablagerungen der Pommerschen Bucht als auch in denen anderer Teilgebiete treten in der Mehrzahl benthische Taxa auf. Das gilt auch für Sedimente, die wahrscheinlich aus größeren Wassertiefen stammen (ABELMANN 1985; WITKOWSKI 1994; WITKOWSKI & MILLER 1999). ABELMANN (1985) diskutiert eine Umlagerung als Ursache dafür. Eventuell sind aber auch die durch den Salzwassereinbruch hervorgerufenen Bodenströmungen dafür verantwortlich, dass in dieser Phase keine Planktonorganismen abgelagert wurden. Diese wurden verdriftet und entweder an anderer Stelle abgelagert oder ihre Schalen wurden vor der Einbettung im Sediment wieder aufgelöst. Insgesamt ließ sich in der Pommerschen Bucht ein Sedimentabschnitt von nur 20 cm Mächtigkeit diesem Entwicklungsstadium zuordnen. Ursache für diesen geringen Umfang können eine niedrige Sedimentationsrate, durch den Einstrom des Salzwassers entstandene starke Strömungen oder eine geringe Dauer sein; wahrscheinlich wurde der Übergang von limnischen zu marinen Bedingungen überaus schnell vollzogen. Die genaue zeitliche Einordnung dieses Vorgangs in diesem Ostsee-Teilgebiet ist im Augenblick noch nicht möglich, da aus der Pommerschen Bucht keine aktuellen  $^{14}\text{C}$ -Datierungen vorliegen.

### **Atlantikum→Subatlantikum (Littorina→Postlittorina)**

Auch in diesem Stadium verlief die Entwicklung des nördlichen und südlichen Abschnitts der Pommerschen Bucht zunächst getrennt und unabhängig voneinander. Im südlichen Abschnitt der Pommerschen Bucht blieb die von Seen bedeckte offene Landschaft zunächst weiterhin erhalten. Erst im späteren Verlauf der Littorina-Phase wurde dieser Teilbereich ebenfalls überflutet (KRAMARSKA 1998); der Beginn der Transgression wird auf ein Alter von ca. 5.190 Jahren BP datiert (ibd.). Nach der Transgression wurden dort hauptsächlich feinsandige Sedimente deponiert. Diese littorinen bzw. postlittorinen Sande sind weitgehend frei von Mikrofossilien. Im Norden der Pommerschen Bucht sind die Ablagerungen der Littorina-Phase nur unvollständig erhalten, und teilweise sind in den Sedimenten dieser Phase keine oder nur eine sehr geringe Konzentrationen an Mikrofossilien überliefert. Lediglich in



einem der untersuchten Kernprofile, Bohrkern 212810, ist eine vermutlich lückenlose Überlieferung des Übergangs vom Mastogloia- zum Littorina-Stadium enthalten. Aber auch in diesem Profil ist nur der älteste Abschnitt der Littorina-Phase überliefert; alle jüngeren Abschnitte sind dort vollständig abgetragen. Die verschiedenen Transgressionsphasen innerhalb des Littorina-Stadiums konnten dementsprechend nicht verfolgt werden.

Die Diatomeenflora spiegelt zwei verschiedene Entwicklungstendenzen deutlich wider, eine Erhöhung der Salinität und einen Anstieg des Wasserspiegels. Anhand der Diatomeenflora lässt sich ein Salzgehalt von mindestens 13 ‰ rekonstruieren; wahrscheinlich lag er sogar deutlich über 15 ‰. Damit wurde in der Pommerschen Bucht während der Littorina-Phase ein Wert erreicht, der den der aktuellen durchschnittlichen Salinität um mindestens 4 ‰ übersteigt (LÖFFLER et al. 2000). Der plötzliche Wechsel im Artgefüge zeigt an, dass der Anstieg des Salzgehalts wahrscheinlich recht sprunghaft erfolgte.

Gleichzeitig wird durch die Veränderungen in der Artenzusammensetzung ein deutlicher Anstieg des Wasserspiegels innerhalb dieser Periode angezeigt. Zu Beginn der Littorina-Phase dominierten *Actinocyclus octonarius*, *Catenula adhaerens*, *Chaetoceros* spp., *Dimeregramma minor*, *Diploneis didyma*, *D. smithii* inklusive Varietäten, *Grammatophora oceanica*, *Opephora mutabilis* und *Planothidium quarnerensis*. Mit steigendem Wasserspiegel traten *Chaetoceros* spp., *Rhizosolenia* spp. und *Thalassionema nitzschoides* mit hohen relativen Häufigkeiten auf. Auch in diesem Entwicklungsabschnitt gleicht die Flora der Pommerschen Bucht der der Danziger Bucht, des Bornholmbeckens und des Gotlandbeckens (THULIN et al. 1992; WITKOWSKI 1994; SOHLENIUS et al. 1996; ZGRUNDO 1999).

Neben den Chrysophyceen-Zysten, die auch in den Ablagerungen dieser Phase in ähnlich hohen Konzentrationen wie während der Mastogloia-Phase auftraten, kommen in den littorinen Sedimenten auch *Chaetoceros*-Sporen in hohen Konzentrationen vor. Da sie auch in anderen Teilgebieten regelmäßig und in ähnlich hohen Abundanz nachgewiesen wurden (ABELMANN 1985; WITKOWSKI 1994; WESTMAN & SOHLENIUS 1998; KABAILIENĖ 1999), stellen sie für die Sedimente dieser Phase wichtige Bioindikatoren dar (siehe Kap. Weitere Mikrofossilien).

## Weitere Mikrofossilien

### ***Chaetoceros*-Dauersporen**

#### **Biostratigrafische Ergebnisse: Sporentypen**

In den meisten Proben traten verschiedene Sporentypen nebeneinander auf. Nur zwei Sporentypen konnten einem bestimmten Taxon zugeordnet werden; die Sporen von *Chaetoceros mitra* und *C. diadema* (Fig. 4: 6) sind anhand ihres Aufbaus eindeutig identifizierbar. Alle weiteren Sporenformen wurden einer der folgenden Gruppen zugeteilt.

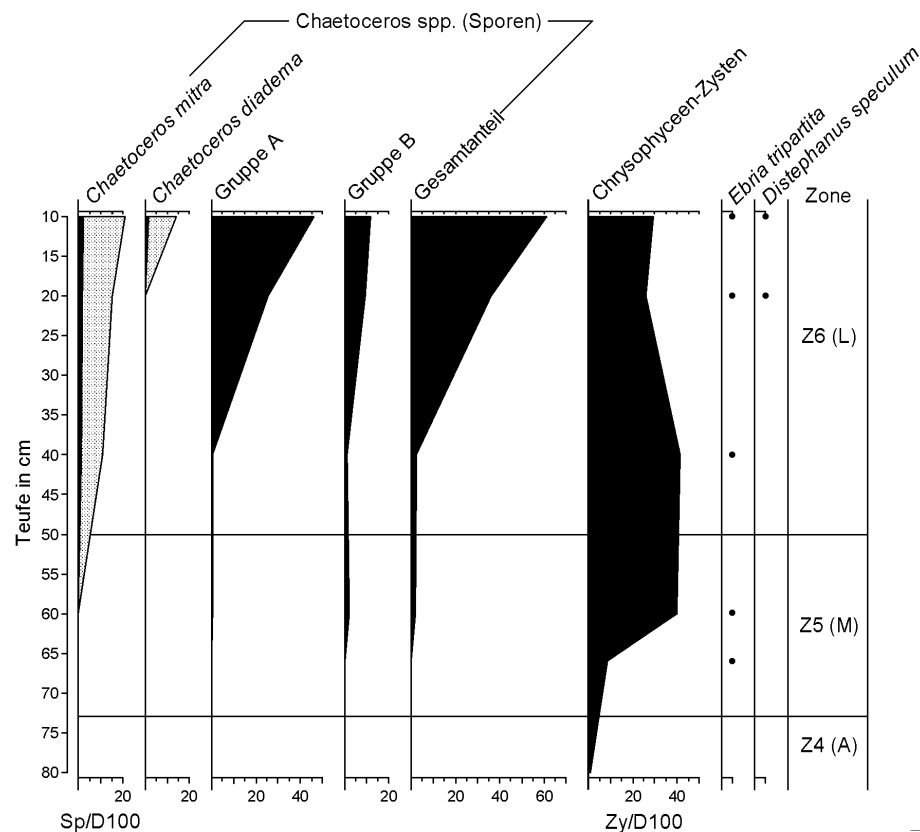
Die Sporen der Gruppe A (Fig. 4: 8) sind selten vollständig erhalten. Ihre Theken liegen fast immer einzeln vor. Sie sind oval und haben eine nach außen gewölbte Oberfläche. Ihre Länge variiert zwischen 12 und 18 µm, ihre Breite zwischen 6 und 11 µm. Die Theken sind an ihrer Außenseite zusätzlich noch durch maximal 2 µm lange, mäßig dicht stehende Stacheln gekennzeichnet. Obwohl ihre äußere Gestalt einheitlich ist, ist nicht auszuschließen, dass es sich um eine Sammelgruppe handelt, die die Sporen verschiedener Taxa beinhaltet.

Die Sporen der Gruppe B (Fig. 4: 7) sind meistens vollständig erhalten; beide Theken haften auch nach der Aufbereitungsprozedur aneinander. Sie sind sehr unterschiedlich gestaltet. Es handelt sich also um eine Sammelgruppe, in der die Sporen verschiedener Taxa zusammengefasst werden. Das Bauprinzip ähnelt jedoch immer dem Aufbau der Sporen von *Chaetoceros mitra* und *C. diadema*.

#### **Biostratigrafische Ergebnisse: Häufigkeit und Verteilung**

In der Pommerschen Bucht beschränkt sich das Vorkommen von *Chaetoceros*-Sporen auf ein Kernprofil. In Bohrkern 212810 treten Sporen dieser Gattung in den Zonen 5 und 6 auf. In den älteren Abschnitten der Zone 5 ist ihre Konzentration niedrig, sie steigt jedoch mit abnehmender Teufe kontinuierlich an. Die höchsten Konzentrationen mit Anteilen bis zu 66 Sp/D100 werden im obersten Abschnitt der Zone 6 erreicht (Abb. 16).

Im Bohrkern 564052 aus der Kieler Bucht sind im gesamten Kernprofil *Chaetoceros*-Sporen nachweisbar. In den Zonen 1 und 2 sind sie in sehr geringen Konzentrationen vorhanden. Gehäuft treten sie in Zone 3 auf; signifikant angereichert sind sie in dem Abschnitt zwischen 40 und 0 cm T. Dort werden Konzentrationen von 7 bis 15 Sp/D100 erreicht. Die Sporen der Gruppe B stellen die quantitativ bedeutendste Gruppe dar, es treten jedoch vereinzelt auch Sporen von *C. diadema* und *C. mitra* auf.



**Abb. 16:** *Chaetoceros*-Sporen in Bk 212810

Dargestellt wird die Verteilung der verschiedenen Sporentypen im Vergleich mit dem Gesamtanteil der Chrysophyceen-Zysten und den Silicoflagellaten im oberen Abschnitt (80 bis 0 cm T.) des Kernprofils 212810. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt (A: Ancyclus, M: Mastogloia, L: Littorina).

In den Kernprofilen aus dem Kattegat treten *Chaetoceros*-Sporen nur vereinzelt und in sehr niedrigen Konzentrationen auf. Hauptsächlich lassen sich Sporen der Gruppe B feststellen. Eine Ausnahme bildet der Bohrkern 212760. Hier lassen sich Sporen der Gruppe B kontinuierlich in allen Schichten und in leicht erhöhten Konzentrationen beobachten.

Alle Ergebnisse werden in den Summendiagrammen im Anhang (A1-A bis A12-A) dargestellt.

## Biostratigrafische Auswertung

Die Arten der Gattung *Chaetoceros* haben ihren Verbreitungsschwerpunkt im marinen Raum. In Europa tritt ausschließlich das Taxon *Chaetoceros muelleri* Lemmermann in Binnengewässern mit erhöhtem Elektrolytgehalt auf (HUSTEDT 1962; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991a). PANKOW (1990) stuft die meisten Arten dieser Gattung als polyhalob ein, nur wenige werden als mesohalob klassifiziert. Alle Arten leben pelagisch – einige neritisch, einige ozeanisch. Die Bildung von Dauersporen ist in der Gattung *Chaetoceros* weit verbreitet und gut dokumentiert (McQUOID & HOBSON 1996). Die Sporen sind charakteristisch gestaltet; einige tragen sogar spezifische Artmerkmale (HARGRAVES & FRENCH 1983; PANKOW 1990).

Im Allgemeinen sind Dauersporen stark silifizierte Stadien im Lebenszyklus mariner, zentrischer Diatomeen; aus dem Süßwasser und der Gruppe der pennaten Kieselalgen sind bislang nur wenige Formen bekannt, die solche Stadien ausbilden. Die Funktion der Dauersporen ist noch nicht ausreichend geklärt. Bei einigen Arten dienen sie der Langzeit-Überdauerung ungünstiger Perioden, z. B. N-Mangel, niedrige Temperaturen und periodische Austrocknung des Habitats (McQUOID & HOBSON 1996; LANGE-BERTALOT mündl. Mitteilung). Andere Sporentypen überleben die Ablagerung in Sedimenten nur wenige Wochen; ihre Aufgabe ist noch weitgehend unbekannt (HARGRAVES & FRENCH 1975).

Im Rahmen biostratigrafischer Untersuchungen verschiedener Ostsee-Teilgebiete sind häufig Sporen der Gattung *Chaetoceros* in hohen Konzentrationen beobachtet worden. Ihr Auftreten in den Ablagerungen der Littorina-Zeit wurde regelmäßig dokumentiert (ABELMANN 1985; THULIN et al. 1992; WITKOWSKI 1994; SOHLENIUS et al. 1996; WESTMAN & SOHLENIUS 1998; WITKOWSKI & MILLER 1999; KOWALCZYK et al. 1999; ZGRUNDO 1999). ABELMANN (1985) und THULIN et al. (1992) geben an, dass die hohen Dauersporen-Konzentrationen typisch für Transgressionsphasen der jüngeren Littorina-Zeit sind. WESTMAN & SOHLENIUS (1998) führen das gehäufte Auftreten von *Chaetoceros*-Sporen auf einen raschen Salinitätsanstieg in dieser Periode zurück. WITKOWSKI & MILLER (1999) interpretieren es als Folge einer kurzzeitigen Eutrophierung, bedingt durch den Einstrom nährstoffreichen Meerwassers.

In der aktuellen Untersuchung konnten in Kernprofilen aller drei Teilgebiete Dauersporen von *Chaetoceros* nachgewiesen werden. In Bohrkern 212810 aus der Pommerschen Bucht kommen Sporen in den Ablagerungen der Mastogloia- und der Littorina-Phase vor; ihren Verbreitungsschwerpunkt haben sie jedoch eindeutig in den Sedimenten der Littorina-Phase (Abb. 16). Dort ist ihre Konzentration signifikant erhöht. Ähnliches gilt für das Kernprofil 564052 aus der Kieler Bucht. Dort treten zwar in allen Zonen Dauersporen auf, in den Zonen 1 und 2, die der Mastogloia-Phase zugeordnet werden, sind ihre Konzentrationen jedoch sehr niedrig. Erst in dem Abschnitt, der die Littorina-Zeit repräsentiert, treten erhöhte Sporenkonzentrationen auf (Abb. A9-A).

Diese Ergebnisse zeigen, dass *Chaetoceros*-Sporen, neben Diatomeen und dem Silicoflagellaten *Distephanus speculum*, wertvolle Bioindikatoren für die Littorina-Phase darstellen. Erst in den Ablagerungen dieser Phase treten sie in den Ostseesedimenten in hohen Konzentrationen und weit verbreitet auf. Da es sich bei Arten dieser Gattung überwiegend um halobionte Planktonorganismen handelt, indiziert ihr Auftreten gleichzeitig eine Erhöhung des Salzgehalts. Der Grad der Erhöhung ist jedoch nicht rekonstruierbar, da bisher zu wenig über die taxonomische Einordnung der Sporen und damit über die autökologischen Ansprüche der Taxa bekannt ist.

Wichtig sind *Chaetoceros*-Sporen ebenfalls als Anzeiger dafür, dass die Artenzusammensetzung von Ausgangsassoziation und Thanathozönose differiert (siehe Kap. Authentizität der Thanathozönose). Weder in der aktuellen noch in einer der oben aufgeführten Untersuchungen waren Schalen von *Chaetoceros*-Arten im Sediment überliefert. Diese sind im Allgemeinen so schwach verkieselt, dass sie schon vor der Einbettung im Sediment vollkommen aufgelöst werden (SCHRADER 1972). Das hat erhebliche Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Thanathozönose. In der aktuellen Untersuchung gilt das besonders für den Bohrkern aus der Pommerschen Bucht. In Bohrkern 212810 wurden in den Sedimenten der Littorina-Phase sehr hohe Sporenkonzentrationen ermittelt (siehe Abb. 16). Das deutet darauf hin, dass dort der Anteil an planktischen, polyhaloben Taxa in der Ausgangsassoziation sehr hoch war, wahrscheinlich sogar höher als anhand der überlieferten Schalen ermittelt werden konnte.

In den meisten Kernen aus dem Kattegat konnten keine signifikanten Sporenkonzentrationen festgestellt werden. Ihr weitgehendes Fehlen in den Sedimentabschnit-

ten der Transgressionsphasen H1 und H3 liefert einen Hinweis auf die hohe mechanische Beanspruchung, die in diesen Perioden die Ablagerung nur fein verkieselter Taxa verhinderte. In dem Sedimentabschnitt H2 bestätigt ihr Fehlen den niedrigen Salzgehalt des Paläogewässers im Ablagerungszeitraum. Die dort nur vereinzelt auftretenden Sporen sind wahrscheinlich allochthonen Ursprungs und während eines Sturmereignisses deponiert worden.

Einzig im Kernprofil 572023 weisen das stete Auftreten und die im Vergleich leicht erhöhte Konzentration auf die rein marine Entstehung dieser Sedimente und die geringe Authentizität hin.

# Chrysophyceen-Zysten

## Biostratigrafische Ergebnisse: Zystentypen

In den meisten Kernprofilen treten Chrysophyceen-Zysten auf. Keine dieser Zysten konnte einem bestimmten Taxon zugeordnet werden. Anhand ihrer Form, Größe und Oberflächenstruktur ist es lediglich möglich, vier Typen zu unterscheiden und eindeutig zu charakterisieren.

Zystentyp A (Fig. 4: 2) hat eine leicht eiförmige Gestalt mit einem Durchmesser, der zwischen 5 und 8  $\mu\text{m}$  variiert. Die Oberfläche der Zyste ist glatt. Ihr Keimporus besitzt keine charakteristisch gestalteten Strukturen, sondern besteht aus einer einfachen, kreisrunden Öffnung mit einem Durchmesser von ca. 1  $\mu\text{m}$ .

Die Zysten des Typs B (Fig. 4: 3) sind kugelförmig. Der Durchmesser schwankt zwischen 5 und 7  $\mu\text{m}$ . Auf der Oberfläche befinden sich mäßig dicht stehende Fortsätze.

Die Zysten des Typs C (Fig. 4: 4) besitzen ebenfalls eine kugelige Gestalt. Die Durchmesser schwanken zwischen 6 und 8  $\mu\text{m}$ . Auf ihrer Oberfläche befinden sich schlangenförmig ineinander gewundene Leisten, die nur schwach erhaben sind. Der Keimporus ist von einem kleinen, kragenförmigen Wulst umgeben.

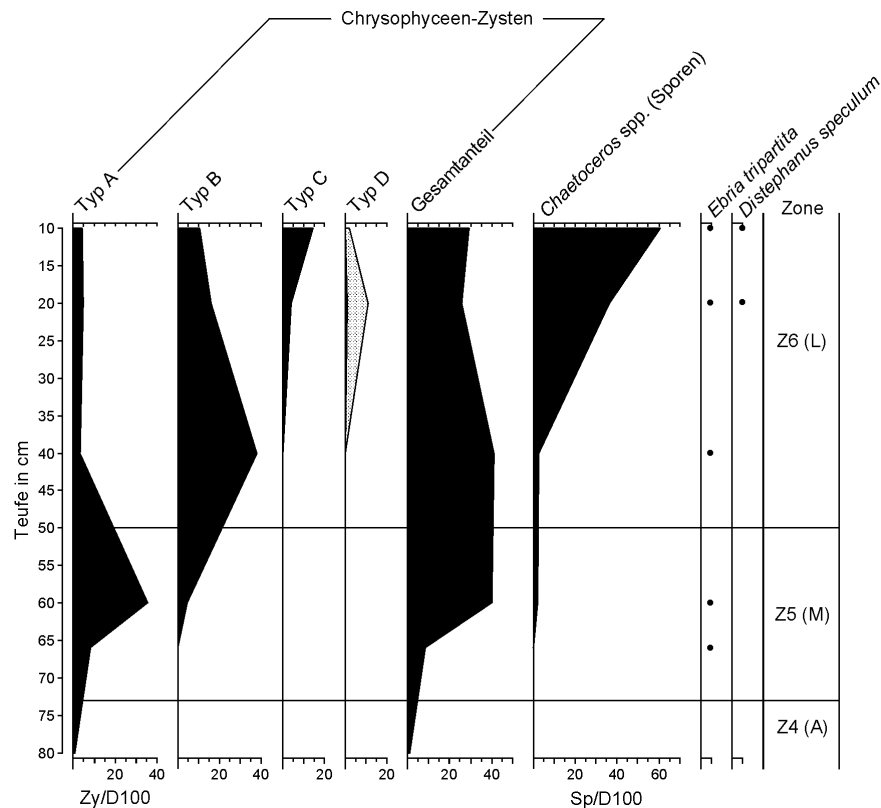
Die Zysten des Typs D ähneln denen des Typs B. Sie sind ebenfalls kugelförmig und tragen Stacheln auf ihrer Oberfläche. Mit einem Durchmesser von durchschnittlich 4  $\mu\text{m}$  sind sie jedoch deutlich kleiner, und die stacheligen Fortsätze stehen dichter.

In der Sammelgruppe E (Fig. 4: 5) wurden alle Zysten zusammengefasst, die keinem der oben aufgeführten Typen zugeordnet werden konnten.

## Biostratigrafische Ergebnisse: Häufigkeit und Verteilung

Lediglich in einem Kernprofil aus der Pommerschen Bucht lassen sich Chrysophyceen-Zysten nachweisen. In dem Kernprofil 212810 treten Zysten aller Gruppen auf (Abb. 17). In den Zonen 2 und 4 sind ihre Konzentrationen sehr niedrig. Die höchsten Anteile werden in den oberen Abschnitten von Zone 5 und in den unteren Abschnitten von Zone 6 erreicht. Die verschiedenen Zystentypen haben unterschiedliche Verbreitungsschwerpunkte. Typ A tritt in allen Schichten auf und erreicht in Zone 5 seine höchste Konzentration (39 Zy/D100). Typ B tritt ab einer Teufe von 60 cm

auf. Der Verbreitungsschwerpunkt (35 Zy/D100) liegt in dem unteren Abschnitt von Zone 6. Die Typen C und D treten nur im oberen Abschnitt von Zone 6 auf. Typ C erreicht 13 Zy/D100. Typ D tritt insgesamt nur in sehr geringen Konzentrationen (max. 1 Zy/D100) auf.



**Abb. 17:** Chrysophyceen-Zysten in Bk 212810

Dargestellt wird die Verteilung der verschiedenen Zystentypen im Vergleich mit dem Gesamtanteil der *Chaetoceros*-Sporen und den Silicoflagellaten im oberen Abschnitt (80 bis 0 cm T.) des Kernprofils 212810. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt (A: Ancyclus, M: Mastogloia, L: Littorina).

In dem Bohrkern aus der Kieler Bucht (564052) lässt sich nur eine geringe Anzahl an Zysten beobachten; diese gehören alle der Sammelgruppe (E) an. Nur während des Übergangs von der Matogloia- zur Littorina-Phase, in dem Abschnitt zwischen 480 und 280 cm T., sind leicht erhöhte Zystenkonzentrationen (0 bis 10 Zy/D100) feststellbar.

In allen Kernprofilen aus dem Kattegat treten Chrysophyceen-Zysten – ausschließlich Typen der Gruppe E – sporadisch und in sehr geringen Konzentrationen auf. Eine signifikante Anreicherung konnte nicht beobachtet werden.



Alle Ergebnisse werden in den Summendiagrammen im Anhang (A1-A bis A12-A) dargestellt.

## **Biostratigrafische Auswertung**

Viele Arten aus der Klasse der Chrysophyceae (Goldalgen) bilden zur Überdauerung der Ruhephase ihres Lebenszyklus endogen Zysten aus. Diese Dauerzellen besitzen eine verkieselte Wand mit charakteristischen Auflagerungen und jeweils einer spezifisch gestalteten Apertur. Sie sind gegen Schwankungen in den Umweltbedingungen weitgehend immun. Goldalgen sind vor allem im Phytoplankton des Süßwassers weit verbreitet. Marine bzw. das Brackwasser bewohnende Formen sind seltener (PANKOW 1990). Die Taxonomie ihrer Zysten ist noch nicht ausreichend untersucht (ADAM & MAHOOD 1981; CRONBERG 1986; WESTMAN & SOHLENIUS 1995).

Gerade in den Ablagerungen der Ostsee sind sie in einigen Schichten regelmäßig gut überliefert. Besonders in den Sedimenten der Übergangsphase von Ancyclus nach Littorina und aus den brackisch-marinen Ablagerungen der jüngeren Zeit sind zahlreiche Nachweise erbracht worden (ABELMANN 1985; WITKOWSKI 1994; WESTMAN & SOHLENIUS 1995; SOHLENIUS & WESTMAN 1996; SOHLENIUS et al. 1996; WITKOWSKI & MILLER 1999; ZGRUNDO 1999).

Diese Befunde stimmen mit denen der aktuellen Untersuchung überein. In den relevanten Kernprofilen treten gerade in den Abschnitten, die den Übergang von Ancyclus nach Littorina repräsentieren, deutlich erhöhte Zystenkonzentrationen auf. Im Bohrkern aus der Kieler Bucht (564052) wurden in den Zonen 1 und 2, die dem Mastogloia-Stadium zugeordnet werden konnten, erhöhte Konzentrationen beobachtet. Im Bohrkern aus der Pommerschen Bucht (212810) wurden nicht nur in den Ablagerungen des Mastogloia-Stadiums, sondern auch in denen der Littorina-Phase sehr hohe Zystenkonzentrationen ermittelt.

Ursprünglich wurde vermutet, dass es sich bei den zahlreichen Nachweisen in den Ablagerungen der Ostsee ausschließlich um Zysten von Süßwasser-Taxa handelt, obwohl die höchsten Anteile in Schichten erreicht werden, in denen Brackwasserdiatomeen dominieren (RISBERG 1990). WESTMAN & SOHLENIUS (1995) stellten deshalb die Hypothese auf, dass neben Süßwasser-Arten auch diverse Brackwasser-Arten auftreten und in Form ihrer Zysten überliefert werden. Diese Hypothese wurde von

WESTMAN & HAJDU (1998) nach der Untersuchung rezenter Proben aus dem Gotlandbecken bestätigt.

Auch in der aktuellen Untersuchung treten die verschiedenen Zystentypen entweder ausschließlich in Ablagerungen brackig-marinen Ursprungs auf, oder sie haben dort ihren Verbreitungsschwerpunkt. Das legt den Schluss nahe, dass es sich bei diesen Zysten um die Dauerstadien von Arten handelt, die höhere Salinitäten bevorzugen bzw. auf diese angewiesen sind.

WESTMAN & SOHLENIUS (1995) stellten gleichzeitig fest, dass in dem Kern aus dem nördlichen Gotlandbecken vier verschiedene Zystentypen mit besonders hohen Konzentrationen auftraten. Ähnliche Ergebnisse erzielten auch SOHLENIUS et al. (1996) an einem Bohrkern aus dem östlichen Gotlandbecken. Drei dieser Morphotypen (A, C und D) ähneln sowohl in Form und Größe als auch in ihrer Verbreitung sehr stark den Typen A, B und C, die in der Pommerschen Bucht beobachtet werden konnten. Typ A («Morphotyp A») tritt im gesamten Abschnitt zwischen Ancyclus und Littorina auf. Der Verbreitungsschwerpunkt liegt jedoch eindeutig im brackigen Abschnitt, der Mastogloia-Phase. Der Salzgehalt des Paläogewässers dürfte in dieser Phase noch deutlich unter 13 ‰ gelegen haben (siehe Bk 212810). Typ B («Morphotyp D») tritt am Ende des Mastogloia-Stadiums das erste Mal auf und erreicht seine höchste Konzentration zu Beginn der Littorina-Phase. Danach sinken die Anteile leicht ab, der Zystentyp verschwindet jedoch nicht. Auch dieses Taxon hat seinen Verbreitungsschwerpunkt wahrscheinlich in Gewässern mit Salzgehalten unter 13 ‰. Der Typ C («Morphotyp C») ist erst in einem späteren Abschnitt des Littorina-Stadiums nachweisbar. Für diese Phase konnte ein Paläosalzgehalt über 13 ‰ rekonstruiert werden. Laut WESTMAN & SOHLENIUS (1995) ähnelt dieser Typ der Zyste von *Dinobryon balticum*, einer Art, die rezent in der Ost- und Nordsee verbreitet ist (STARMACH 1985; PANKOW 1990).

Diese übereinstimmenden Befunde aus verschiedenen Teilgebieten sprechen für das hohe Indikationspotenzial der Chrysophyceen-Zysten. Sobald mehr über den Zusammenhang zwischen ihrer Morphologie, Taxonomie und Ökologie bekannt ist, werden sie wertvolle Bioindikatoren darstellen. Beim aktuellen Erkenntnisstand ist es lediglich möglich, anhand der steigenden Zystenzahlen den Beginn der Mastogloia-Phase festzulegen.

In keinem der Kerne aus dem Kattegat konnten in irgendeinem Abschnitt aussagekräftige Zystenkonzentrationen festgestellt werden. Für die Interpretation der Sedimente dieses Gebiets sind sie irrelevant.

## ***Ebria tripartita* (Schumann) Lemmermann**

### **Biostratigrafische Ergebnisse**

Über das Auftreten und die Verbreitung von *Ebria tripartita* in den Sedimenten der drei untersuchten Ostsee-Teilgebiete lassen sich drei generelle Aussagen treffen.

- ♦ In Proben, in denen die Diatomeenflora – wie in den Bohrkernen 212790 und 212860 aus der Pommerschen Bucht – ausschließlich aus oligohaloben Arten zusammengesetzt ist, ließ sich *E. tripartita* nie beobachten. Das gleiche gilt für die Zonen 2 bis 4 des Kernprofils 212810, in denen ebenfalls ausschließlich oligohalobe Taxa auftraten. Nur in Schichten, in denen neben oligohaloben Arten auch eine erhöhte Anzahl halobionter Formen auftrat, ließen sich auch die Skelette von *E. tripartita* nachweisen.
- ♦ Außer in den beiden Kernen aus der Pommerschen Bucht (Bk 212790, Bk 212860) kommt *E. tripartita* zwar in allen Kernprofilen vor, jedoch immer nur sporadisch und in sehr geringer Anzahl. Aussagekräftige Konzentrationen oder signifikante Anreicherungen in bestimmten Zonen konnten nicht beobachtet werden.
- ♦ In keiner Probe traten vollständig erhaltene Skelette auf. Es konnten immer nur Bruchstücke festgestellt werden.

Diese Ergebnisse werden in den Summendiagrammen im Anhang (A1-A bis A12-A) dargestellt.

### **Biostratigrafische Auswertung**

Die taxonomische Stellung von *Ebria tripartita* ist noch weitgehend ungeklärt. Wurde die Art früher in die Klasse der Dinophyceae gestellt (PANKOW 1990), gibt es inzwischen neue Überlegungen, die eine eigenständige taxonomische Gruppe (Ebriophyceae) postulieren (PREISIG 1994). Es handelt sich um ein heterotrophes Taxon, das sich hauptsächlich von Kieselalgen und Dinoflagellaten ernährt. Laut PANKOW (1990) ist die in der gesamten Ostsee verbreitete Art polyhalob und mesoeuryhalin.

Vor allem in den letzten zwölf Jahren ist vielfach der Nachweis von *Ebria tripartita* in rezenten und subfossilen Ablagerungen der Ostsee gelungen (MILLER & RISBERG 1990; GRÖNLUND 1993; WITKOWSKI 1994; ANDRÉN 1995; WESTMAN 1998; KORHOLA & GRÖN-

LUND 1999). Inzwischen wird verstärkt die Diskussion geführt, ob *E. tripartita* als Indikator und/oder Leitfossil einzusetzen ist (WESTMAN 1998; KORHOLA & GRÖNLUND 1999). MILLER & RISBERG (1990) mutmaßen, dass das Auftreten von *E. tripartita* mit hohem Nährstoffgehalt und niedrigen Wassertemperaturen gekoppelt ist. KORHOLA & GRÖNLUND (1999) halten *E. tripartita* aufgrund der weiten geografischen Verbreitung innerhalb der Ostsee für einen geeigneten Indikator-Organismus. Sie vermuten, dass seine Verbreitung vom Trophiestatus und Salzgehalt abhängig ist. Im Gegensatz dazu gelangt WESTMAN (1998) nach der Untersuchung mehrerer Bohrkerne aus dem nordwestlichen Gotlandbecken zu der Auffassung, dass *E. tripartita* als Biomarker ungeeignet ist.

In der aktuellen Untersuchung trat der Flagellat zwar in allen drei Teilgebieten der Ostsee auf, innerhalb der Kernprofile jedoch oft nur sporadisch und zudem stark fraktioniert. Bei den meisten Nachweisen handelte es sich um Einzelfunde. In keiner Probe wurden Konzentrationen erreicht, die eine sinnvolle quantitative Auswertung möglich machten. Augenfällig ist allerdings das Fehlen dieser Art in Sedimenten limnischen Ursprungs.

Diese Ergebnisse zeigen, dass *E. tripartita* für die Interpretation der Sedimentproben der drei Teilgebiete keine Relevanz besitzt. Das Auftreten des Silicoflagellaten scheint lediglich einen Hinweis auf ein Ansteigen der Salinität zu liefern. Da die Autökologie der Art jedoch noch weitgehend unbekannt ist, ist ein Rückschluss auf den Grad der Erhöhung nicht möglich. Einige Befunde sprechen dafür, dass schon eine relativ geringe Erhöhung des Salzgehalts ausreicht. In der Unterwarnow konnte *E. tripartita* z. B. bei einem durchschnittlichen Salzgehalt von 5 ‰ beobachtet werden. (JERJOUR et al. 1990). Aufgrund der heterotrophen Lebensweise dieses Taxons ist es außerdem wahrscheinlich, dass seine Verbreitung vorrangig von Änderungen auf der Ebene der Primärproduzenten gesteuert wird; Veränderungen der Umweltbedingungen wirken sich wahrscheinlich erst sekundär aus.

## ***Distephanus speculum* (Ehrenberg) Haeckel**

### **Biostratigrafische Ergebnisse**

*Distephanus speculum* tritt in den Kernprofilen aller Teilgebiete in geringen Konzentrationen auf.

In der Kieler Bucht im Bohrkern 564052 lässt sich das Skelett des Flagellaten ausschließlich in Zone 3 beobachten. In dem Abschnitt zwischen 180 und 0 cm T. sind die Skelette stetig vertreten. In der Pommerschen Bucht tritt *D. speculum* (Fig. 4: 1) im Profil 212810 in den oberen Schichten der Zone 6 in 20 bis 0 cm T. auf. In beiden Kernen ist die Anzahl sehr niedrig, mehr als sechs Individuen pro Probe konnten nie nachgewiesen werden.

In allen Bohrkernen aus dem Kattegat ist *D. speculum* ebenfalls sporadisch nachweisbar. Dabei handelt es sich meist um Einzelfunde. Anreicherungen in einzelnen Zonen oder höhere Konzentrationen konnten nicht festgestellt werden.

Diese Ergebnisse werden in den Summendiagrammen im Anhang (A1-A bis A12-A) dargestellt.

### **Biostratigrafische Auswertung**

*Distephanus speculum* wird in die Klasse der Chrysophyceae (Goldalgen) gestellt und ist ein weitverbreiteter Bestandteil des marinen Phytoplanktons. Der Silicoflagellat tritt in zwei unterschiedlichen Formen auf: Ein Stadium bildet ein silifiziertes Innenskelett aus, das aus massiven, geometrisch angeordneten Stäben besteht; dem zweiten Stadium fehlt dieses Skelett (VALKENBURG & NORRIS 1970). Es handelt sich um ein polyhalobes, mesoeuryhalines Taxon, welches rezent in der gesamten Ostsee verbreitet ist (PANKOW 1990).

In mehreren Teilgebieten der Ostsee wurde *Distephanus speculum* in subfossilen Sedimenten nachgewiesen. Solche Befunde gibt es z. B. aus der Danziger Bucht (ABELMANN 1985; WITKOWSKI 1994) und dem Gotlandbecken (WESTMAN 1998). WESTMAN (ibid.) stellte fest, dass es besonders in den Ablagerungen aus den Zeiten der maximalen Littorina-Transgression – vor 5500 und 5400 <sup>14</sup>C-Jahren BP – zu einer Kumulation von Skeletten kam. Aus diesem Grund vertritt er die Auffassung, dass *D.*

*speculum* einen gut abgesicherten Indikator für das Littorina-Stadium der Ostsee-Entwicklung darstellt.

Diese Aussage von WESTMAN (ibd.) wird durch die Ergebnisse der aktuellen Untersuchung bestätigt. In den Kernprofilen aus der Kieler Bucht und der Pommerschen Bucht tritt *D. speculum* ausschließlich in den Ablagerungen der Littorina-Phase auf. Dabei konnte der Flagellat nicht in der gesamten, dem Littorina-Stadium zugeordneten Zone nachgewiesen werden. Ähnlich wie in den oben aufgeführten Untersuchungen ließ sich das Taxon nur in den jüngeren Abschnitten dieser Periode beobachten (Abb. A9-A und A12-A). Diese Beobachtungen bestätigen die guten Indikationseigenschaften von *Distephanus speculum* für das Littorina-Stadium.

Zwar ist die Qualität von *D. speculum* als Salinitätsanzeiger unbestritten, aber die erheblich divergierenden Untersuchungsergebnisse zur Salinitätstoleranz dieses Taxons lassen die Rekonstruktion des genauen Salzgehalts heute noch nicht zu. WITKOWSKI (1994) benutzt eine Anreicherungszone von *D. speculum*-Skeletten, um für die Danziger Bucht einen Salzgehalt von >15 ‰ während der Littorina-Phase zu rekonstruieren. Er bezieht sich dabei auf die Ergebnisse aus "in vitro"-Untersuchungen von HENRIKSEN et al. (1993), die für das skelettfreie Stadium ein Salinitätsoptimum von 15 bis 25 ‰ ermittelten. Bei Freilanduntersuchungen wurde vor allem die skeletttragende Form von *D. speculum* in Gewässern mit bedeutend höherem Salzgehalt (30 bis 40 ‰) ermittelt (GEMEINHARD 1930; GEMEINHARD 1934; VOLTOLINA & FOSTER 1985). MOESTRUP & THOMSEN (1990) haben die skeletttragende Form dieses Taxons jedoch bei Salinitäten zwischen 10 und 15 ‰ im Kattegat nachgewiesen, WILLÉN (1995 zit. in WESTMAN 1998) bei Salzgehalten um 8 ‰. Dementsprechend ist der Rückschluss auf einen Salzgehalt von mehr als 8 ‰ allein aufgrund des Auftretens von *D. speculum* z. Z. nicht möglich. Weitere Untersuchungen hinsichtlich des Salinitätsspektrums – vor allem des skeletttragenden Stadiums – sind nötig.

In den Kernprofilen aus dem Kattegat konnten für das Auftreten von *D. speculum* keinerlei Tendenzen in Verbreitung und Konzentration festgestellt werden. In allen Sedimentabschnitten – H1, H2 und H3 – traten die Skelette nur vereinzelt auf, so dass keine ökostratigrafischen Aussagen möglich sind.

## Organisch-wandige Mikrofossilien

### Biostratigrafische Ergebnisse

In zwei Kernprofilen konnten vor der Aufbereitung der Proben die organisch-wandigen Zellwandreste verschiedener Arten aus der Ordnung Chlorococcales (Chlorophyceae) beobachtet werden.

In der Pommerschen Bucht treten in Zone 3 des Kernprofils 212790 im Abschnitt zwischen 210 und 140 cm T. *Pediastrum boryanum*, *P. simplex* und verschiedene Arten der Gattung *Scenedesmus* auf (Tab. 33). Eine genauere taxonomische Einordnung der *Scenedesmus*-Arten war in diesem Zustand nicht möglich. In diesem Abschnitt der Zone 3 war gleichzeitig der Erhaltungsgrad der Diatomeenschalen sehr schlecht. Es konnten nur vereinzelt Schalen beobachtet und identifiziert werden. Weitere fossile Mikroorganismen waren in diesem Abschnitt nicht nachweisbar.

**Tab. 33:** Verbreitung der Hydrodictyceen und Scenedesmaceen in Zone 3, Bk 212790

Teufe / cm	<i>P. boryanum</i>	<i>P. simplex</i>	<i>Scenedesmus</i> spp.
140			x
160	x	x	
180		x	
200	x		

Im Kattegat lässt sich das gleiche Phänomen in Bohrkern 572014 beobachten. In der Probe aus 400 cm T. treten Zellwandreste von *Pediastrum boryanum* auf, während Diatomeen oder andere silifizierte Mikroorganismen nicht nachzuweisen waren. Diese Ergebnisse werden in den Summendiagrammen im Anhang (A6-A und A11-A) dargestellt.

### Biostratigrafische Auswertung

Bei den beiden *Pediastrum*-Arten handelt es sich um kosmopolitisch verbreitete Taxa aus der Familie der Hydrodictyceae. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt im eutrophen Süßwasser (PARRA BARRENTIOS 1979; KOMÁREK & FOTT 1983). Es handelt sich um planktische Organismen mit schwach verkieselter Zellwand und säureresistenten Zellwandsubstanzen (KOMÁREK & FOTT 1983). MATTHIESEN & BRENNER (1996) geben für



*Pediastrum boryanum* einen Salzgehalt von 8 bis 10 ‰ als obere Grenze für autochthones Auftreten an; für *P. simplex* werden Werte von 3 bis 5 ‰ genannt.

Die Gattung *Scenedesmus* gehört in die Familie der Scenedesmaceae. Auch die Arten dieser Gattung finden sich typischerweise im Plankton limnischer Gewässer. Selten ist bisher ein Nachweis in rezenten Sedimenten der Ostsee gelungen (MATTHIESEN & BRENNER 1996). Für ältere Sedimente liegen keine Angaben vor.

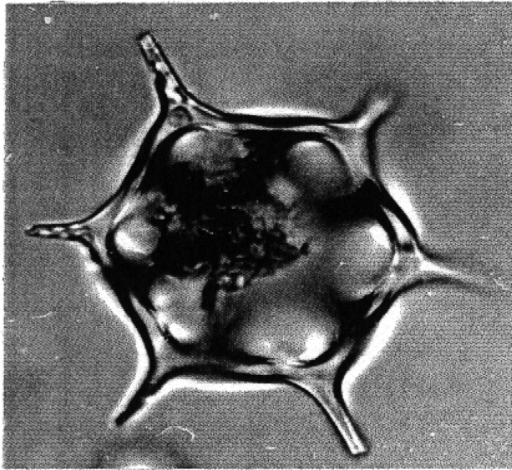
Die Funde der organisch-wandigen Zellwandreste bestätigen somit die Ergebnisse der Diatomeenuntersuchung und der Sedimentbeschaffenheit. Die Sedimente der Zone 3 des Bohrkerns 212790 sind während der Ancyclus-Phase in einer eutrophen Umgebung entstanden.

Für die Probe aus 400 cm T. in Bohrkern 572014 aus dem Kattegat ist infolge der sehr geringen Anzahl und der vollständig fehlenden Diatomeenschalen ein Rückschluss auf die Sedimentationsumgebung nur begrenzt möglich. Vermutlich ist das Sediment in einer eutrophen Umgebung entstanden, wobei ein Salzgehalt von 10 ‰ nicht überschritten wurde.

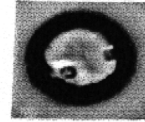
## Tafel 4

- Fig. 1: *Distephanus speculum* (Ehrenberg) Haeckel  
 Fig. 2: Chrsophyceen-Zyste, Typ A  
 Fig. 3: Chrsophyceen-Zyste, Typ B  
 Fig. 4: Chrsophyceen-Zyste, Typ C  
 Fig. 5: Chrsophyceen-Zyste, Typ E  
 Fig. 6: *Chaetoceros diadema* (Ehrenberg) Gran, Spore  
 Fig. 7: *Chaetoceros* sp., Spore  
 Fig. 8: *Chaetoceros* sp., Spore  
 Fig. 9: *Grammatophora oceanica* (Ehrenberg) Grunow  
 Fig. 10: *Plagiogramma staurophorum* (Gregory) Heiberg  
 Fig. 11: *Dimeregramma minor* (Gregory) Ralfs **var. minor**  
 Fig. 12, 13: *Pravifusus hyalinus* Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin  
 Fig. 14, 15: *Glyphodesmis distans* (Gregory) Grunow in Van Heurck  
 Fig. 16: *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve  
 Fig. 17: *Catenula adhaerens* Mereschowsky  
 Fig. 18: *Rhabdonema minutum* Kützing

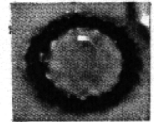
- Fig. 2 (x1500)  
 Charakteristische Chrysophyceen-Zyste des Mastogloia-Meers in der Pommerschen Bucht in Kernprofil 212810
- Fig. 1, 3-8 (x1500)  
 Charakteristische Silicoflagellaten, Chrysophyceen-Zysten und Sporen der Gattung *Chaetoceros* des Littorina-Meers in der Pommerschen Bucht in Kernprofil 212810
- Fig. 9-18 (x1500)  
 Charakteristische Taxa des Littorina-Meers in der Kieler Bucht in Kernprofil 564052



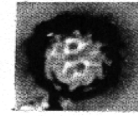
1



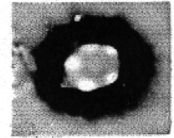
2



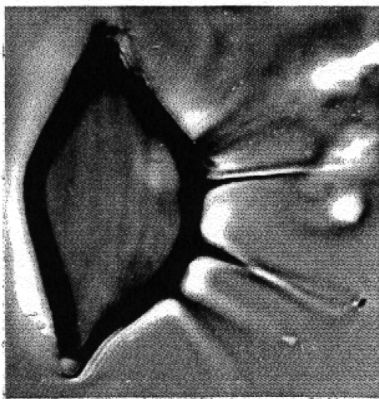
3



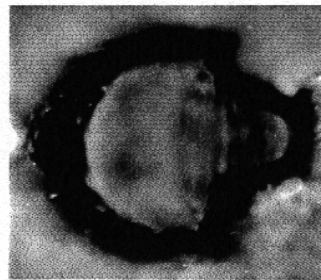
4



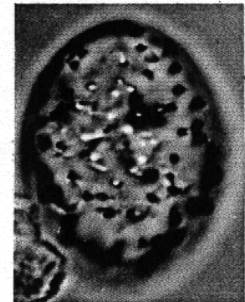
5



6



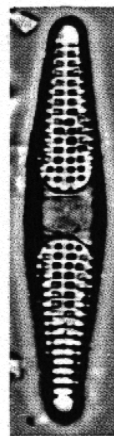
7



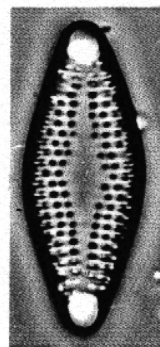
8



9



10



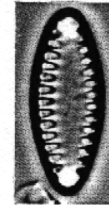
11



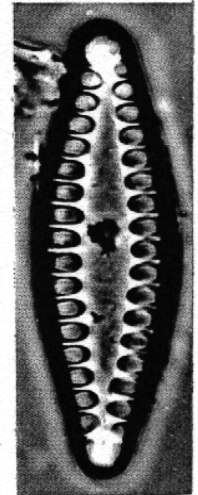
12



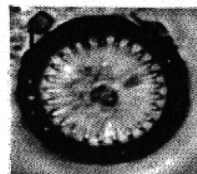
13



14



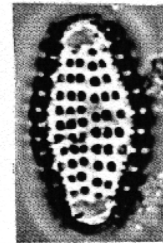
15



16



17



18

## **Zusammenfassung**

Untersucht wurde die spätpleistozäne und holozäne Diatomeenflora aus drei Teilgebieten der westlichen Ostsee, dem Kattegat, der Kieler Bucht und der Pommerschen Bucht. Die Ergebnisse bestätigen die hervorragende Eignung der Diatomeen als Indikatororganismen in der Paläoökologie. Anhand der Mikroflora war es möglich, die wechselhafte Geschichte der verschiedenen Ostsee-Teilgebiete detailliert nachzuvollziehen. Es konnten Lage und Ausdehnung der Paläogewässer während der verschiedenen Stadien der Ostsee-Entwicklung sowie verschiedene abiotische Faktoren der Paläoumwelt – Salinität, pH-Wert, Trophie, Temperatur und Wassertiefe – rekonstruiert werden.

Zur Rekonstruktion von Salinität, Trophie und pH-Wert kamen erstmals verschiedene Indikationssysteme – der Halobienindex nach ZIEMANN (1971), das Trophie-Indikationssystem nach HOFMANN (1994) und die pH-Rekonstruktion nach ARZET (1987) – zur Anwendung.

## **Kattegat**

Der Schwerpunkt der Untersuchung lag auf dem südwestlich der Insel Anholt gelegenen Teil des Kattegats. In den 22 Kernprofilen konnten insgesamt 596 Diatomeentaxa registriert werden.

In den Ablagerungen des Spätglazials waren im gesamten Untersuchungsgebiet keine silifizierten Mikrofossilien nachweisbar.

Die anhand der seismoakustischen Untersuchungen aufgestellte Gliederung der holozänen Sedimente in die Abschnitte Holozän 1 (H1), Holozän 2 (H2) und Holozän 3 (H3) konnte durch die Analyse der Diatomeenfloren bestätigt werden.

Die Ablagerungen des Sedimentabschnitts H1 entstanden während einer Transgressionsphase. Das in Alleröd und Jüngerer Dryas trockengefallene Untersuchungsgebiet wurde zu Beginn des Präboreals vollständig transgredierte. Durch das Auftreten halobionter Diatomeentaxa konnte der Beginn der Transgression im Untersuchungsgebiet auf den Anfang des Präboreals und ein Alter von 10.200 Jahren BP datiert werden. Für die Hauptphase der Transgression wurde ein Alter von rund 9.700 bis 9.300 Jahren BP ermittelt.

In Übereinstimmung mit den seismoakustischen Befunden und den Ergebnissen der Makrofossil-Analyse konnte der Sedimentabschnitt H2 als Ablagerung aus dem Mündungsgebiet eines Fließgewässers identifiziert und auf ein Alter von rund 9.300 bis 8.300 Jahren BP datiert werden; wahrscheinlich entwässerte der Ancylus-See zumindest zeitweilig über den großen Belt in diesen Abschnitt des Paläokattegats. Die Diatomeenflora indiziert eine überwiegend durch den Einstrom von Süßwasser beeinflusste Paläoumwelt und ein alkalisches und eutrophes Milieu. Das charakteristische Merkmal der Thanathozönosen ist der hohe Anteil an allochthonen Schalen. Die Analyse der autökologischen Präferenzen zeigt, dass durchschnittlich 30 % der Taxa ursprünglich aus anderen Gewässertypen stammen.

Mithilfe der Diatomeenflora konnte der Sedimentabschnitt H2 in drei Abschnitte untergliedert werden. Der Abschnitt H2a wurde während der Bildung einer Landzunge abgelagert, die die Mündung des Fließgewässers vom Paläokattegat trennte. Die Thanathozönosen indizieren die zunehmende Beeinflussung durch den Einstrom von Süßwasser. Der Abschnitt H2b wurde vor rund 8.800 Jahren BP deponiert, während die Landzunge ihre größte Ausdehnung und Isolationskraft erreichte. Die Diatomeenflora indiziert die maximale Beeinflussung durch den Zustrom von Süßwasser. Im Sedimentabschnitt H2c indizieren die Thanathozönosen die Verlagerung der Landzunge infolge küstendynamischer Prozesse und eine zunehmende Beeinflussung durch Meerwasser.

Der Sedimentabschnitt H3, der während einer erneuten Transgression vor ca. 8.300 Jahren BP deponiert wurde, ist in weiten Bereichen vollständig frei von silifizierten Mikrofossilien. Eine autochthone, aus überwiegend halobionten Taxa zusammengesetzte Diatomeenflora ließ sich lediglich in einem der Kernprofile nachweisen.

Das charakteristische Taxon der Transgressionsfloren in den Sedimentabschnitten H1 und H3 ist *Paralia sulcata*. Typisch sind des Weiteren *Actinoptychus senarius*, *Cymatosira belgica*, *Dimeregramma minor*, *Ehrenbergia granulosa* und *Plagiogramma staurophorum*.

### **Kieler Bucht**

Aus der Kieler Bucht stand ein Kernprofil zur Verfügung. In diesem Profil konnten insgesamt 344 Diatomeentaxa nachgewiesen werden.

Die brackischen Ablagerungen entstanden in der Mastogloia-Phase und konnten mithilfe der Diatomeenflora in zwei Abschnitte – Mastogloia 1 (M1) und Mastogloia 2 (M2) – untergliedert werden.

Der Sedimentabschnitt M1 wurde deponiert, während das Milieu des Paläogewässers durch sporadische Ingressionen über den Großen Belt beeinflusst wurde. Die Diatomeenflora indiziert einen Paläosalzgehalt von maximal 9 ‰, ein eutrophes und alkalisches Paläomilieu und eine geringe Wassertiefe.

Die Veränderungen im Artgefüge der Thanathozönosen innerhalb des Sedimentabschnitts M2 belegen einen kontinuierlichen Anstieg der Salinität um mindestens 8 ‰ und das Auftreten starker Strömungen. Die Sedimentation erfolgte während des Übergangs vom brackigen Mastogloia-Stadium zur marinen Littorina-Phase.

Mithilfe der Diatomeenflora konnte nachgewiesen werden, dass sich in dem Paläogewässer der Kieler Bucht frühestens vor 7.100 Jahren BP marine Verhältnisse etablierten. Die Flora indiziert einen Anstieg des Paläosalzgehalts auf mindestens 17 und maximal 30 ‰.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Sedimentanalyse konnten die Ablagerungen der Littorina-Phase anhand der Diatomeenflora in zwei Subzonen – Littorina 1 (L1) und Littorina 2 (L2) – untergliedert werden. Während das Artgefüge in dem Abschnitt L1 auf große Strömungsgeschwindigkeiten während der Sedimentation hinweist, belegt die Flora in dem Abschnitt L2 eine deutliche Abnahme der Strömungsintensität.

### **Pommersche Bucht**

In den neun Kernprofilen aus der Pommerschen Bucht konnten insgesamt 265 Diatomeentaxa identifiziert werden.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der geologischen Untersuchungen zeigt die Diatomeenflora, dass sich der südliche Abschnitt der Pommerschen Bucht nach dem Rückzug des Eisschildes bis in das Atlantikum hinein unabhängig vom nördlichen Teil entwickelte; erst während der Littorina-Phase wurde auch der südliche Abschnitt transgrediert.

Mithilfe der Diatomeenflora wurde belegt, dass sich im Spätglazial vor ca. 12.000 Jahren BP im Süden der Pommerschen Bucht ein alkalischer, meso- bis schwach eutropher Süßwassersee etablierte. Die Thanathozönosen indizieren erhebliche Milieuunterschiede zwischen diesem See und dem Baltischen Eisstausee, der zeitweise den nördlichen Abschnitt der Pommerschen Bucht bedeckte.

Im frühen Holozän entwickelte sich im südlichen Abschnitt der Pommerschen Bucht an gleicher Position wie im Spätglazial wiederum ein Süßwassersee, während der nördliche Abschnitt der Pommerschen Bucht vom Ancyclus-See bedeckt war. Die Diatomeenfloren belegen, dass sich die Umweltbedingungen in beiden Paläogewässern ähnelten; sowohl im Norden als auch im Süden lag ein alkalisches und überwiegend eutrophes Milieu vor.

Der Beginn der Mastogloia-Phase ist durch einen drastischen Wechsel im Artgefüge der Diatomeenflora gekennzeichnet; Taxa mit höherer Salinitätstoleranz, z. B. *Epi-themia turgida* und *Diploneis didyma*, ersetzten die rein oligohalobe Ancyclus-Flora. Die Veränderungen indizieren einen schwachen aber deutlichen Anstieg der Salinität im Norden der Pommerschen Bucht.

Das charakteristische Taxon der Littorina-Phase ist die polyhalobe Planktonart *Thalassionema nitzschioides*. Es indiziert einen Anstieg des Paläosalzgehalts auf mindestens 13 ‰. Des Weiteren belegen die Diatomeen den stetig steigenden Wasserspiegel zu Beginn der Littorina-Phase.

Chrysophyceen-Zysten, *Chaetoceros*-Sporen und die Skelette des Silicoflagellaten *Distephanus speculum* stellen in der Pommerschen Bucht wichtige Leitfossilien dar. Während Chrysophyceen-Zysten typisch für die Sedimente der Mastogloia-Phase sind, haben *Chaetoceros*-Sporen und *Distephanus speculum* charakteristischerweise ihren Verbreitungsschwerpunkt in den Ablagerungen des Littorina-Meers.

---

**BIBLIOGRAFIE**

- ABELMANN, A. (1985): Palökologische und ökostratigraphische Untersuchungen von Diatomeenassoziationen an holozänen Sedimenten der zentralen Ostsee. – Berichte - Reports, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Kiel **9**: 1-200
- ADAM, D. P. & MAHOOD, A. D. (1981): Chrysophyte cysts as potential environmental indicators. – Geological Society of America Bulletin, Part I **92**: 839-844
- ALHONEN, P. (1971): The stages of the Baltic Sea as indicated by the diatom stratigraphy. – Acta Botanica Fennica **92**: 1-18
- ALLES, E. (1999): Fließgewässerversauerung im Schwarzwald. – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg **51**: 1-505
- ANDRÉN, E. (1995): Recording environmental changes in the Southern Baltic Sea - current results from a diatom study within project ODER. – In: MARINO, D. & MONTRESOR, M. (eds.), Proceedings of the 13th International Diatom Symposium. – Biopress, Bristol: 443-455
- ANDRÉN, E.; ANDRÉN, T. & SOHLENIUS, G. (2000): The Holocene history of the southwestern Baltic Sea as reflected in a sediment core from the Bornholm Basin. – Boreas **29**: 233-250
- ARZET, K. (1987): Diatomeen als pH-Indikatoren in subrezentem Sedimenten von Weichwasserseen. – Dissertationen aus der Abteilung für Limnologie des Instituts für Zoologie der Universität Innsbruck **24**: 1-266
- ARZET, K.; STEINBERG, C.; PSENNER, R. & SCHULZ, N. (1986): Diatom distribution and diatom inferred pH in the sediment of four alpine lakes. – Hydrobiologia **143**: 247-254
- BARKER, P.; FONTES, J.-C.; GASSE, F. & DRUART, J.-C. (1994): Experimental dissolution of diatom silica in concentrated salt solutions and implications for paleoenvironmental reconstruction. – Limnology and Oceanography **39**(1): 99-110
- BENNETT, P. & SIEGEL, D. I. (1987): Increased solubility of quartz in water due to complexing by organic compounds. – Nature **326**: 684-686
- BENNETT, P. C.; MELCER, M. E.; SIEGEL, D. I. & HASSETT, J. P. (1988): The dissolution of quartz in dilute aqueous solutions of organic acids at 25 °C. – Geochimica et Cosmochimica Acta **52**: 1521-1530
- BENNIKE, O.; JENSEN, J. B.; KONRADI, P. B.; LEMKE, W. & HEINEMEIER, J. (2000): Early Holocene drowned lagoonal deposits from the Kattegat, southern Scandinavia. – Boreas **29**: 272-286
- BERGLUND, B. E. (1964): The Postglacial shore displacement in eastern Blekinge, southeastern Sweden. – Sveriges Geologiska Undersökning, Ser. C **599**: 1-47
- BERGSTEN, H. & NORDBERG, K. (1992): Late Weichselian marine stratigraphy of the southern Kattegat, Scandinavia: evidence for drainage of the Baltic Ice Lake between 12,700 and 10,300 years BP. – Boreas **21**: 223-252
- BJÖRCK, S. (1995): A review of the history of the Baltic Sea, 13.0-8.0 ka BP. – Quaternary International **27**: 19-40



- BRADY, P. V. & WALTHER, J. V. (1989): Controls on silicate dissolution rates in neutral and basic pH solutions at 25 °C. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* **53**: 2823-2830
- BRAUN, M. (1884): Physikalische und biologische Untersuchungen im westlichen Teile des finnischen Meerbusens. – *Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst-, und Kurlands*, Ser. 2, **10**(1): 1-132
- BREHM, J. & MEIJERING M. P. D. (1996): *Fließgewässerkunde*. – Quelle & Meyer, Wiesbaden: 1-302
- BROCKMANN, C. (1950): Die Watt-Diatomeen der schleswig-holsteinischen Westküste. – *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft* **478**: 1-26
- BROCKMANN, C. (1954): Die Diatomeen in den Ablagerungen der ostpreußischen Haffe. – *Meyniana* **3**: 1-95
- CAMPEAU, S.; PIENITZ, R. & HÉQUETTE, A. (1999): Diatoms from the Beaufort Sea coast, southern Arctic Ocean (Canada). – *Bibliotheca Diatomologica* **42**: 1-244
- CHOLNOKY, B. J. (1968): *Die Ökologie der Diatomeen*. – J. Cramer, Weinheim: 1-699
- CHRISTIANSEN, C.; CONRADSEN, K.; EMEL'YANOV, E.; TRIMONIS, E. & HEINEMEIER, J. (1993): Hydrographic changes in the southern Kattegat (Scandinavia) during the early Holocene transgression. – *Boreas* **22**: 349-356
- COOPER, S. R. (1999): Estuarine paleoenvironmental reconstructions using diatoms. – In: STOERMER, E. F. & SMOL, J. P. (eds.), *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Science*. – Cambridge University Press, Cambridge: 352-373
- CRONBERG, G. (1986): Chrysophycean cysts and scales in lake sediments: a review. – In: KRISTIANSEN, J. & ANDERSEN, R. A. (eds.), *Chrysophytes - Aspects and Problems*. – Cambridge University Press, Cambridge: 281-315
- DENYS, L. (1989): Observations on the Transition from Calais Deposits to Surface Peat in the Western Belgian Coastal Plain - Results of a Paleoenvironmental diatom study -. – In: BAETEMAN, C. (ed.), *Quaternary Sea-Level Investigations from Belgium*. – Professional Paper, Geologische Dienst van België **6**(24): 20-43
- DENYS, L. (1991): A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the Western Belgial coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements. Introduction, ecological code and complete list. – *Belgischer Geologischer Dienst*, Brüssel: 1-41
- DENYS, L. (1994): The diatom record of a core from the seaward part of the coastal plain of Belgium. – In: MARINO, D. & MONTRESOR, M. (eds.), *Proceedings of the 13th International Diatom Symposium*. – Biopress, Bristol: 471-486
- DENYS, L. & DE WOLF, H. (1999): Diatoms as indicators of coastal paleo-environments and relative sea-level change. – In: STOERMER, E. F. & SMOL, J. P. (eds.), *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Science*. – Cambridge University Press, Cambridge: 277-297
- DUPHORN, K.; KÖGLER, F. & STAY, B. (1995): *Die deutsche Ostseeküste. Sammlung Geologischer Führer*. – Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart **88**: 1-281
- EKMAN, S. (1953): *Zoogeography of the sea*. – Sidgewick and Jackson, London: 1-417
- ENGELBERG, K. (1987): Die Diatomeen-Zönose in einem Mittelgebirgsbach und die Abgrenzung jahreszeitlicher Aspekte mit Hilfe der Dominanz-Identität. – *Archiv für Hydrobiologie* **110**(2): 217-236

- ERONEN, M.; RISTANIEMI, O. & LANGE, D. (1990): Analysis of a sediment core from the Mecklenburg Bay, with a discussion on the early Holocene history of the southern Baltic Sea. – *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **112**(1): 1-8
- EVERSBERG, U. (1990): Abbau und Akkumulation von organischer Substanz in den Sedimenten der Kieler Bucht. – *Berichte aus dem Institut für Meereskunde, Kiel* **193**: 1-98
- FENNEL, W. (1995): Wasserhaushalt und Strömungen. – In: RHEINHEIMER, G. (ed.), *Meereskunde der Ostsee*. – Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York: 56-67
- FLOWER, R. J. (1993): Diatom preservation: experiments and observations on dissolution and breakage in modern and fossil material. – *Hydrobiologia* **269/270**: 473-484
- FREDÉN, C. (1967): A Historical Review of the Ancylus Lake and the Svea River. – *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **89**: 239-267
- GEER, G. DE (1890): Om Skandinaviens nivåförändringar under kvartärtiden. – *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **12**: 61-110
- GEMEINHARD, K. (1930): Silicoflagellatae. – In: Dr. L. Rabenhorsts *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. – Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig **10**: 1-87
- GEMEINHARD, K. (1934): Die Silicoflagellaten des südatlantischen Ozeans. – *Wissenschaftliche Ergebnisse der deutschen atlantischen Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff "Meteor"* **12**: 274-312
- GRÖNLUND, T. (1993): Diatoms in surface sediments of the Gotland Basin in the Baltic Sea. – In: VAN DAM, H. (ed.), *Proceedings of the Twelfth International Diatom Symposium*. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 235-242
- GRÖNLUND, T. (1994): Lagoonal diatom flora of the Holocene Baltic Litorina Sea in comparison with the Eemian Baltic sea flora. – In: KOCIOLEK, J. P. (ed.), *Proceedings of the 11th International Diatom Symposium*. – California Academy of Science, San Francisco: 349-357
- GUDELIS, V. & KÖNIGSSON, L.-K. (1979): The Quaternary history of the Baltic. – *Symposia Universitatis Upsaliensis Annum Quingentesimum Celebrantis 1, Acta Universitatis Upsaliensis*, Almquist & Wicksell, Upsala: 1-279
- HARGRAVES, P. E. & FRENCH, F. (1975): Observations on the survival of diatom resting spores. – *Nova Hedwigia Beiheft* **53**: 229-238
- HARGRAVES, P. E. & FRENCH, F. (1983): Diatom resting spores: significance and strategies. – In: FRYXELL, G. A. (ed.), *Survival Strategies of the Algae*. – Cambridge University Press, New York: 49-68
- HEATH, G. R. (1974): Dissolved silica in deep-sea sediments. – In: HAY, W. W. (ed.), *Studies in Paleooceanography*. – Special Publications of the Society of Economic Paleontologists and Mineralogists **20**: 77-93
- HENRIKSEN, P.; KNIPSCHILD, F.; MOESTRUP, Ø. & THOMSEN, H. A. (1993): Autecology, life history and toxicology of the silicoflagellate *Dictyocha speculum* (Silicoflagellata, Dictyochophyceae). – *Phycologia* **32**(1): 29-39
- HESSLAND, I. (1945): On the Quaternary Mya Period in Europe. – *Arkiv för Zoologi* **37**(8): 1-51

- HOFMANN, G. (1994): Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. – *Bibliotheca Diatomologica* **30**: 1-241
- HOFMANN, G. (1997): Diatom communities in the rivers Werra and Ulster (Germany) and their response to reduced salinity. – *Limnologica* **27**(1): 77-84
- HUBER-PESTALOZZI, G. (1942): Das Phytoplankton des Süßwassers. – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart **16**(2): 367-544
- HUSTEDT, F. (1937-39): Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Java, Bali und Sumatra nach dem Material der deutschen limnologischen Sunda-Expedition. Teil 1: Systematischer Teil. – *Archiv für Hydrobiologie, Supplement* **15**: 131-506; Teil 2: Allgemeiner Teil – *Archiv für Hydrobiologie, Supplement* **15**: 638-790; **16**: 1-394
- HUSTEDT, F. (1957): Die Diatomeenflora des Flußsystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. – *Abhandlungen der naturwissenschaftlichen Vereinigung Bremen* **34**(3): 181-440
- HUSTEDT, F. (1959): Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete, Teil 2. – In: Dr. L. Rabenhorsts Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. – J. Cramer, Weinheim **7**(2): 1-845
- HUSTEDT, F. (1962): Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete, Teil 1. – In: DR. L. RABENHORSTS Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. – J. Cramer, Weinheim **7**(1): 1-920
- HUSTEDT, F. (1971): Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete, Teil 3. – In: Dr. L. Rabenhorsts Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. – J. Cramer, Weinheim **7**(3): 1-826
- HUTCHINSON, G. E. (1967): A treatise on limnology. Introduction to lake biology and the limnoplankton. – Wiley, New York **2**: 1-1115
- HYVÄRINEN, H.; DONNER, J.; KESSEL, H. & RAUKAS, A. (1988): The Litorina Sea and Limnea Sea in the northern and central Baltic. – In: DONNER, J. & RAUKAS, A. (eds.), Problems of the Baltic Sea History. – *Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Series A, III. Geologica-Geographica* **148**: 25-35
- IGNATIUS, H.; AXBERG, S.; NIEMISTÖ, L. & WINTERHALTER, B. (1981): Quaternary geology of the Baltic Sea. – In: VOIPIO, A. (ed.), The Baltic Sea. – Elsevier, Amsterdam: 54-121
- JENSEN, J. B.; BENNIKE, O.; WITKOWSKI, A.; LEMKE, W. & KUIJPERS, A. (1997): The Baltic Ice Lake in the southwestern Baltic Sea: sequence-, chrono- and biostratigraphy. – *Boreas* **26**: 217-236
- JENSEN, J. B.; BENNIKE, O.; WITKOWSKI, A.; LEMKE, W. & KUIJPERS, A. (1999): Early Holocene history of the southwestern Baltic Sea: the Ancyclus Lake stage. – *Boreas* **28**: 437-453
- JENSEN, J. B.; STRAND, K.; KONRADI, P. P.; KUIJPERS, A.; BENNIKE, O.; LEMKE, W. & ENDLER, R. (2002?): Late Weichselian faulting in offshore sediments of the southern Kattegat, Fennoscandian Border Zone. – in Vorbereitung

- JERJOUR, S.; PANKOW, H. & KELL, V. (1990): Die Algenvegetation der Unterwarnow. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock, Naturwissenschaftliche Reihe **39**(3): 29-37
- JESSEN, A. (1936): Vendsyssels Geologi. – Danmarks Geologiske Undersøgelse V Række **2**: 1-195
- JIANG, H. & NORDBERG, K. (1996): Late Weichselian environmental changes of the southern Kattegat, Scandinavia, inferred from diatom records. – In: ANDREWS, J. T.; AUSTIN, W. E. N.; BERGSTEN, H. & JENNINGS, A. E. (eds.), Late Quaternary Palaeoceanography of the North Atlantic Margins, Geological Society Special Publication **111**: 245-260
- JUGGINS, S. (1992): Diatoms in the Thames Estuary, England: Ecology, Palaeoecology, and Salinity Transfer Function. – Bibliotheca Diatomologica **25**: 1-216
- KABAILIENĒ, M. (1999): Water level changes in SE Baltic during the Ancylus Lake and Litorina Sea stages, based on diatom. – In: ANDRÉN, T. (ed.), Proceedings of the Conference: The Baltic - past, present and future. – Quaternaria, Ser. A: Theses and Research Papers **7**: 39-44
- KELL, V. (1973): Die Darßer Schwelle - eine biologische Grenze?. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock - 22. Jahrgang, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe **6/7**: 617-623
- KESSEL, H. & RAUKAS, A. (1979): The Quaternary history of the Baltic. Estonia. – In: GUDELIS, V. & KÖNIGSSON, L.-K. (eds.): The Quaternary history of the Baltic. – Acta Universitatis Upsaliensis. Symposia Universitatis Upsaliensis Annum Quingentesimum Celebrantis 1, Almqvist & Wiksell: 127-146
- KESSEL, H.; RAUKAS, A.; HYVÄRINEN, H. & DONNER, J. (1988): The Eocene stage in the Baltic Sea history. – In: DONNER, J. & RAUKAS, A. (eds.), Problems of the Baltic Sea History, Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Series A, III. Geologica-Geographica **148**: 13-23
- KILHAM, S. S. (1975): Kinetics of silicon-limited growth in the freshwater diatom *Asterionella formosa*. – Journal of Phycology **11**: 396-419
- KILHAM, P. (1990): The ecology of *Melosira* species in the great lakes of Africa. – In: TILZER, M. M. & SERRRUYA, C. (eds.): Large lakes. – Springer, Berlin: 414-427
- KLEE, R. & STEINBERG, C. (1987): Kieselalgen bayerischer Gewässer. – Informationsberichte des Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft **4**
- KLUG, H. (1980): Der Anstieg des Ostseespiegels im deutschen Küstenraum seit dem Mittelatlantikum. – Eiszeitalter und Gegenwart **30**: 237-252
- KÖNIG, D. (1982): High Sand Flats on the Coasts of Schleswig-Holstein as Habitats for Diatoms. – Nova Hedwigia Beiheft **73**: 117-155
- KOLBE, R. W. (1927): Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser-Diatomeen. Die Kieselalgen des Sperenberger Salzgebiets. – Pflanzenforschung **7**: 1-146
- KOLP, O. (1976): Die submarinen Terrassen der südlichen Ost- und Nordsee und ihre Beziehung zum eustatischen Meeresanstieg. – Beiträge zur Meereskunde **35**(4): 1-48
- KOLP, O. (1986): Entwicklungsphasen des Ancylus-Sees. – Petermanns Geographische Mitteilungen **2**: 79-94

- KOMÁREK, J. & FOTT, B. (1983): Das Phytoplankton des Süßwassers, 7. Teil: Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Volvocales. – In: ELSTER, H.-J. & OHLE, W. (eds.), Die Binnengewässer, XVI. – Schweizerbart'sche Verlagsgesellschaft, Stuttgart: 1-1001
- KORHOLA, A. & GRÖNLUND T. (1999): Observations of *Ebria tripartita* (Schumann) Lemmermann in Baltic sediments. – Journal of Paleolimnology **21**: 1-8
- KOWALCZYK, K.; WITKOWSKI, A. & STRUCK, U. (1999): Environmental Changes in the Gotland Deep During the Late-glacial and Holocene as Inferred from Siliceous Microfossils (Mainly Diatoms) Analyses. – Quaternary Studies in Poland, Special Issue: 135-145
- KRAMARSKA, R. (1998): Origin and development of the Odra Bank in the light of the geologic structure and radiocarbon dating. – Geological Quarterly **42**(3): 277-288
- KRAMMER, K. (1992): *Pinnularia* eine Monographie der europäischen Taxa. – Bibliotheca Diatomologica **26**: 1-253
- KRAMMER, K. (1997a): Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 1. Allgemeines und *Encyonema* Part. – Bibliotheca Diatomologica **36**: 1-382
- KRAMMER, K. (1997b): Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 2. *Encyonema* part., *Encyonopsis* und *Cymbellopsis*. – Bibliotheca Diatomologica **37**: 1-469
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986): Bacillariophyceae, 1. Teil: Naviculaceae. – In: ETTL, H.; GERLOFF, J.; HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Gustav Fischer, Stuttgart **2**(1): 1-876
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1988): Bacillariophyceae, 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. – In: ETTL, H.; GERLOFF, J.; HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Gustav Fischer, Stuttgart **2**(2): 1-596
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1991a): Bacillariophyceae, 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. – In: ETTL, H.; GERLOFF, J.; HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Gustav Fischer, Stuttgart **2**(3): 1-576
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1991b): Bacillariophyceae, 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. – In: ETTL, H.; GÄRTNER, G.; GERLOFF, J.; HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Gustav Fischer, Stuttgart **2**(4): 1-437
- LAGERLUND, E. & HOUMARK-NIELSEN, M. (1993): Timing and pattern of the last deglaciation in the Kattegat region, south-western Scandinavia. – Boreas **22**: 337-347
- LANGE, D. & WULFF, B. (1980): Diatomeenuntersuchungen am Stechrohrkern AB 3 vom Westrand des Arkona-Beckens. – Beiträge zur Meereskunde **44/45**: 75-88
- LANGE-BERTALOT, H. (1993): 85 neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Bibliotheca Diatomologica **27**: 1-454
- LANGE-BERTALOT, H. (1996): Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde **28**: 633-677
- LANGE-BERTALOT, H. & GENKAL, S. I. (1999): Diatomeen aus Sibirien I. – Iconographia Diatomologica **6**: 1-295

- LANGE-BERTALOT, H. & KRAMMER, K. (1987): Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. – *Bibliotheca Diatomologica* **15**: 1-289
- LANGE-BERTALOT, H. & KRAMMER, K. (1989): *Achnanthes* eine Monographie der Gattung mit Definition der Gattung *Cocconeis*. – *Bibliotheca Diatomologica* **18**: 1-393
- LANGE-BERTALOT, H.; KÜLBS, K.; LAUSER, T.; NÖRPEL-SCHEMPP, M. & WILLMANN, M. (1996): Dokumentation und Revision der von Georg Krasske beschriebenen Diatomeen-Taxa – *Iconographia Diatomologica* **3**: 1-358
- LANGE-BERTALOT, H. & METZELTIN, D. (1996): Oligotrophie-Indikatoren. – *Iconographia Diatomologica* **2**: 1-390
- LANGE-BERTALOT, H.; METZELTIN, D. & WITKOWSKI, A. (1996): *Hippodonta* gen. nov. – *Iconographia Diatomologica* **4**: 247-275
- LANGE-BERTALOT, H. & MOSER, G. (1994): *Brachysira*: Monographie der Gattung. – *Bibliotheca Diatomologica* **29**: 1-212
- LASS, H. U. & MAGAARD, L. (1995): Wasserstandsschwankungen und Seegang. – In: RHEINHEIMER, G. (ed.), *Meereskunde der Ostsee*. – Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York: 68-74
- LEMKE, W. (1998): Sedimentation und paläogeographische Entwicklung im westlichen Ostseeraum (Mecklenburger Bucht bis Arkonabecken) vom Ende der Weichselvereisung bis zur Litorinatrangression. – *Meereswissenschaftliche Berichte* **31**: 1-155
- LEMKE, W.; JENSEN, J. B.; BENNIKE, O. & WITKOWSKI, A. (1995): Sequence stratigraphy of Late Pleistocene and Holocene deposits in the Mecklenburg Bay, south-western Baltic Sea. – In: CATO, I. & KLINGBERG, F. (eds.), *Proceedings of the Fourth Marine Geological Conference - the Baltic*. – Sveriges Geologiska Undersökning, Ser. Ca 86: 117-122
- LEMKE, W.; ENDLER, R.; TAUBER, F.; JENSEN, J. B. & BENNIKE, O. (1998): Late- and postglacial sedimentation in the Tromper Wiek northeast of Rügen (western Baltic). – *Meyniana* **50**: 155-173
- LEWIN, J. C. (1961): The dissolution of silica from diatom walls. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* **21**: 182-198
- LINDSTRÖM, G. (1886): Om postglaciala sänkningar af Gotland. – *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **8**: 251-281
- LISITZIN, A. P. (1971): Distribution of siliceous microfossils in suspension and in bottom sediments. – In: FUNNEL, B. M. & RIEDEL, W. R. (eds.), *The Micropaleontology of the Oceans*. – Cambridge University Press, London New York: 223-230
- LÖFFLER, A.; LEIPE, T. & EMEIS, K. C. (2000): The "fluffy layer" in the Pommeranian Bight (western Baltic Sea): geochemistry, mineralogy and environmental aspects. – *Meyniana* **52**: 85-100
- LUND, J. W. G. (1954): The seasonal cycle of the plankton diatom *Melosira italica* (EHR.) ssp. subarctica O. MÜLLER. – *Journal of Ecology* **59**: 151-179
- MAJORAN, S. & NORDBERG, K. (1997): Late Weichselian ostracod assemblages from the southern Kattegat, Scandinavia: a palaeoenvironmental study. – *Boreas* **26**: 181-200
- MARSHALL, W. L. (1980): Amorphous silica solubilities. 1. Behaviour in aqueous sodium nitrate solutions; 25-300 °C, 0-6 molal. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* **44**: 907-913

- MATTHÄUS, W. (1995): Temperatur, Salzgehalt und Dichte. – In: RHEINHEIMER, G. (ed.), Meereskunde der Ostsee. – Springer, Berlin Heidelberg New York: 75-80
- MATTHIESSEN, J. & BRENNER, W. (1996): Chlorococcalalgen und Dinoflagellaten-Zysten in rezenten Sedimenten des Greifswalder Bodden (südliche Ostsee). – *Senckenbergiana maritima* **27**(1/2): 33-48
- MCQUOID, M. R. & HOBSON, L. A. (1996): Diatom Resting Stages. – *Journal of Phycology* **32**: 889-902
- METZELTIN, D. & LANGE-BERTALOT, H. (1998): Tropische Diatomeen in Südamerika I. – *Iconographia Diatomologica* **5**: 1-695
- METZELTIN, D. & WITKOWSKI, A. (1996): Diatomeen der Bären-Insel. – *Iconographia Diatomologica* **4**: 1-232
- MIKKELSEN, N. (1980): Experimental dissolution of Pliocene diatoms. – *Nova Hedwigia* **33**: 893-907
- MILKERT, D. (1994): Auswirkungen von Stürmen auf die Schlicksedimente der westlichen Ostsee. – *Berichte - Reports, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Kiel* **66**: 1-153
- MILLER, U. & RISBERG, J. (1990): Environmental changes, mainly eutrophication, as recorded by fossil siliceous micro-algae in two cores from the uppermost sediments of the north-western Baltic. – *Nova Hedwigia Beiheft* **100**: 237-253
- MILLER, U. & ROBERTSON, A.-R. (1979): Biostratigraphical Investigations in the Anundsjö Region, Ångermanland, Northern Sweden. – *Early Norrland* **12**: 1-76
- MÖRNER, N.-A. (1969): The late quaternary history of the Kattegatt Sea and the Swedish West Coast. – *Sveriges Geologiska Undersökning, Ser. C* **640**: 1-487
- MOESTRUP, Ø. & THOMSEN, H. A. (1990): *Dictyocha speculum* (Silicoflagellata, Dictyochophyceae), studies on armoured and unarmoured stages. – *Biologiske Skrifter* **37**: 1-56
- MUNTHE, H. (1910): Studies in the Late-Quaternary history of southern Sweden. – *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **32**: 1197-1292
- PAABO, K. (1985): Diatomological Studies of Two Cores from the Western Baltic. – *Striae* **23**: 83-90
- PANKOW, H. (1990): Ostsee-Algenflora. – Gustav Fischer, Jena: 1-648
- PARKER, J. I.; CONWAY, H. L. & YAGUCHI, E. M. (1977a): Dissolution of Diatom Frustules and Recycling of Amorphous Silicon in Lake Michigan. – *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **34**: 545-551
- PARKER, J. I.; CONWAY, H. L. & YAGUCHI, E. M. (1977b): Seasonal Periodicity of Diatoms, and Silicon Limitation in Offshore Lake Michigan, 1975. – *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **34**: 552-558
- PARRA BARENTIOS, O. O. (1979): Revision der Gattung *Pediastrum* Meyen (Chlorophyta). – *Bibliotheca Phycologica* **48**: 1-186
- PÅSSE, T. (1990): Beskrivning till jordartskartan Varberg NO. – *Geological Survey of Sweden, A* **102**: 1-117

- PREISIG, H. R. (1994): Siliceous structures and silification in flagellated protists. – *Protoplasma* **181**: 29-42
- RAUKAS, A. (1990): On the Late Pleistocene and Early Holocene History of the Baltic Sea. – *Wissenschaftliche Zeitschrift der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe* **39**(3): 4-7
- PUŠKARIC, S.; BERGER, G. W. & JORISSEN, F. J. (1990): Successive Appearance of Subfossil Phytoplankton Species in Holocene Sediments of the Northern Adriatic and its Relation to the Increased Eutrophication Pressure. – *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **31**: 177-187
- RENNBERG, I. & HELLBERG, T. (1982): The pH History of Lakes in Southwestern Sweden, as Calculated from the Subfossil Diatom Flora of the Sediments. – *Ambio* **11**(1): 30-33
- RENNKONEN, O. (1938): Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. – *Annales Zoologici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae Vanamo* **6**(1): 1-231
- RHEINHEIMER, G. (1995): *Meereskunde der Ostsee*. – Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York: 1-338
- RISBERG, J. (1990): Siliceous Microfossil Stratigraphy in a Superficial Sediment Core From the Northwestern Part of the Baltic Proper. – *Ambio* **19**(3): 167-172
- ROBERTSON, A.-M. (1973): Late-glacial and Preboreal Pollen and Diatom Diagrams from Skurup, Southern Scania. – *Sveriges Geologiska Undersökning, Ser. C*, **679**: 1-75
- ROBERTSON, A.-M. (1990): The diatom flora of the Yoldia sediments in the Närke province, south central Sweden. – *Nova Hedwigia Beiheft* **100**: 255-262
- RODHE, W. (1948): Environmental requirements of freshwater plankton algae. Experimental studies in the ecology of phytoplankton. – *Symbolae Botanicae Upsaliensis* **10**: 1-149
- ROHR, J. L. (1977): Changes in diatom community structure due to environmental stress. – M. S. thesis Bowling Green State University, Bowling Green, Ohio: 1-157
- ROUND, F. E. (1964): The diatom sequence in lake deposits: some problems of interpretation. – *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* **15**(2): 1012-1020
- ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. (1996): *The diatoms*. – Cambridge University Press, Cambridge: 1-747
- RYDBERG, L. (1987): Hydrography, nutrient and oxygen balance of the Kattegat and related phenomena. – Department of Oceanography, University of Gothenburg, Göteborg, Sweden: 1-45
- RYDBERG, L. & SUNDBERG, J. (1984): On the supply of nutrients to the Kattegatt. – In: RYDBERG, L., Hydrography, nutrient and oxygen balance of the Kattegat and related phenomena, Department of Oceanography, University of Gothenburg, Göteborg, Sweden: 1-17
- SABBE, K. (1993): Short-term fluctuations in benthic diatom numbers on an intertidal sandflat in the Westerschelde estuary (Zeeland, The Netherlands). – *Hydrobiologia* **269/270**: 275-284
- SAMUELSSON, M. (1996): Interannual salinity variations in the Baltic Sea during the period 1954-1990. – *Continental Shelf Research* **16**: 1463-1477



- SANDGREN, P. (1983): The deglaciation of the Klippan area, southern Sweden, a study of glaciofluvial and glaciomarine sediments. – Lundqua Thesis **14**: 1-99
- SAURAMO, M. (1954): Das Rätsel des Ancylossees. – Geologische Rundschau **42**: 197-233
- SAURAMO, M. (1958): Die Geschichte der Ostsee. – Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Ser. AIII **51**: 1-522
- SCHÖNFELDER, I. (1997): Eine Phosphor-Diatomeen-Relation für alkalische Seen und Flüsse Brandenburgs und ihre Anwendung für die paläolimnologische Analyse von Auesedimenten der unteren Havel. – Dissertationes Botanicae **283**: 1-149
- SCHRADER, H.-J. (1971a): Selektive Auflösung planktischer Diatomeen im Seegebiet zwischen 15-43° nördlicher Breite und 8-30° westlicher Länge. – In: FARINACCI, A. (ed.), Proceedings of the 2nd Planctonic Conference Rome 1970: 1139-1147
- SCHRADER, H.-J. (1971b): Ursache und Ergebnis der Auflösung von Kieselskeletten in den oberen Sedimentbereichen am Beispiel zweier Kern-Profile vor Marokko und Portugal. – In: FARINACCI, A. (ed.), Proceedings of the 2nd Planctonic Conference Rome 1970: 1149-1155
- SCHRADER, H.-J. (1972): Anlösung und Konservation von Diatomeenschalen beim Absinken am Beispiel des Landsort-Tiefs in der Ostsee. – Nova Hedwigia Beiheft **39**: 191-210
- SCHRADER, H.-J. & GERSONDE, R. (1978): Diatoms and silicoflagellates in the eight meters section of the lower Pleistocene at Capo Rossello. – Utrecht Micropaleontological Bulletin **17**: 129-176
- SCHRADER, H.; LINDSTRÖM SVANBERG, I.; BURCKLE, L. H. & GRØNLIEN, L. (1993a): Diatoms in recent Atlantic (20 ° S to 70 ° N latitude) sediments: abundance patterns and what they mean. – In: VAN DAM, H. (ed.), Proceedings of the 12th International Diatom Symposium. – Kluwer, Dordrecht: 129-135
- SCHRADER, H.; SWANBERG, N.; LYCKE, A. K.; PAETZEL, M.; SCHRADER, T. & SCHRADER, T. (1993b): Diatom-inferred productivity changes in the eastern equatorial Pacific: The Quaternary record of ODP Leg 111, Site 677. – Hydrobiologia **269/270**: 137-151
- SCHREINER, C. (1989): Untersuchungen benthischer Diatomeenassoziationen in versauerten Fließgewässern des Fichtelgebirges und Frankenwaldes. – Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität München: 1-130
- SIEVER, R. (1957): The Silica Budget in the Sedimentary cycle. – The American Mineralogist **24**: 821-841
- SIEVER, R. (1962): Silica solubility, 0 °- 200 °C., and the diagenesis of siliceous sediments. – Journal of Geology **70**(2): 127-150
- SIMONSEN, R. (1962): Untersuchungen zur Systematik und Ökologie der Bodendiatomeen der westlichen Ostsee. – Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie, Systematik Beiheft **1**: 1-144
- SIMONSEN, R. (1969): Diatoms as Indicators in Estuarine Environments. – Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhafen **11**: 287-292
- SIMONSEN, R. (1987a): Atlas and Catalog of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. – J. Cramer, Berlin Stuttgart **1**: 1-525

- SIMONSEN, R. (1987b): Atlas and Catalog of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. – J. Cramer, Berlin Stuttgart **2**: 1-597
- SIMONSEN, R. (1987c): Atlas and Catalog of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. – J. Cramer, Berlin Stuttgart **3**: 1-619
- SMAYDA, T. J. (1970): The Suspension and Sinking of Phytoplankton in the Sea. – *Oceanography and Marine Biology* **8**: 353-414
- SMAYDA, T. J. (1971): Normal and accelerated sinking of phytoplankton in the Sea. – *Marine Geology* **11**: 105-122
- SNOEIJIS, P. (ed.) (1993): Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. – Opulus Press, Uppsala **1**: 1-129
- SNOEIJIS, P. & VILBASTE, S. (eds.) (1994): Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. – Opulus Press, Uppsala **2**: 1-126
- SNOEIJIS, P. & POTAPOVA, M. (eds.) (1995): Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. – Opulus Press, Uppsala **3**: 1-126
- SOHLENIUS, G. (1996): The history of the Baltic proper since the Late Weichselian deglaciation as recorded in sediments. – *Quaternaria, Ser. A: Theses and Research Papers* **3**: 1-34
- SOHLENIUS, G.; STERNBECK, J.; ANDRÉN, E. & WESTMAN, P. (1996): Holocene history of the Baltic Sea as recorded in a sediment core from the Gotland Deep. – *Marine Geology* **134**: 183-201
- SOHLENIUS, G. & WESTMAN, P. (1996): Paleoenvironment in the Ancylus Lake and the Litorina Sea as reflected in sediments. – *Quaternaria, Ser. A: Theses and Research Papers* **3**: Paper V: 1-15
- SOHLENIUS, G. & WESTMAN, P. (1998): Salinity and redox alternations in the northwestern Baltic proper during the late Holocene. – *Boreas* **27**(2): 101-114
- STABELL, B. & THIEDE, J. (1986): Paleobathymetry and Paleogeography of southern Scandinavia in the late Quaternary. – *Meyniana* **38**: 43-59
- STANDER, J. M. (1970): Diversity and Similarity of benthic fauna of Oregon. – M. S. thesis Oregon State University, Corvallis: 1-72
- STARMACH, K. (1985): Chrysophyceae und Haptophyceae. – In: ETTL, H.; GERLOFF, J.; HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – Gustav Fischer, Stuttgart **1**: 1-515
- STEINBERG, C.; MEIER, R.; EMEIS-SCHWARZ, H.; KRAUSE-DELLIN, D. & ARZET, K. (1984): Versauerung des Großen Arbersees, dokumentiert durch paläolimnologische Untersuchungen. – *Vom Wasser* **63**: 35-56
- STOERMER, E. F.; KREIS, R. G. & SICKO-GOAD, L. (1981): A systematic, quantitative, and ecological comparison of *Melosira islandica* O. Müll. with *M. granulata* (Ehr.) Ralfs from the Laurentian Great Lakes. – *Journal of Great Lakes Research* **7**: 345-356
- STOERMER, E. F. & LADEWSKI, T. B. (1976): Apparent optimal temperatures for the occurrence of some common phytoplankton species in southern Lake Michigan. – University of Michigan, Great Lakes Research Division **18**: 1-49

- SUNDBÄCK, K & MEDLIN, L. K. (1986): A Light and Elektron Microscopic Study of the Epipsammic Diatom *Catenula adhaerens* Mereschkowsky. – *Diatom Research* **1**(2): 283-290
- THOMASSON, H. (1927): Baltiska tidsbestämningar och baltisk tidsindelning vid Kalmarsund. – *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **49**: 19-76
- THULIN, B.; POSSNERT, G. & VUORELA, I. (1992): Stratigraphy and age of two postglacial sediment cores from the Baltic Sea. – *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **114**: 165-179
- USCINOWICZ, S. (1999): Southern Baltic area during the last deglaciation. – *Geological Quaterly* **43**(2): 137-148
- VALKENBURG, S. D. & NORRIS, R. E. (1970): The growth and morphology of the silicoflagellate *Dictyocha fibula* Ehrenberg in culture. – *Journal of Phycology* **6**: 48-54
- VAN DAM, H.; MERTENS, A. & SINKELDAM, J. (1994): A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. – *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* **28**(1): 117-133
- VAN DER WERFF, A. & HULS, H. (1957-1974): Diatomeeënflora van Nederland. – Abcoude, De Hoef
- VERSE, G.; NIEDERMEYER, R.-O.; FLEMMING, B. W. & STRAHL, J. (1998): Seismostratigraphie, Fazies und Sedimentationsgeschichte des Greifswalder Boddens (südliche Ostsee) seit dem Weichsel-Spätglazial. – *Meyniana* **50**: 213-236
- VOIGT, R. (1996): Paläolimnologische und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an Sedimenten aus Fuschlsee und Chiemsee (Salzburg und Bayern). – *Dissertationes Botanicae* **270**: 1-303
- VOIPPIO, A. (ed.) (1981): The Baltic Sea. – Elsevier, Amsterdam: 1-418
- VOLTOLINA, D. & FOSTER, P. (1985): The phytoplankton of Liverpool Bay (1977-1978). 3. *Distephanus speculum* (Ehrenberg) Haeckel (Chrysophyta, Dictyochales). – *Nova Hedwigia* **41**: 285-289
- VOS, P. C. & DE WOLF, H. (1993a): Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects. – *Hydrobiologia* **269/270**: 285-296
- VOS, P. C. & DE WOLF, H. (1993b): Reconstruction of sedimentary environments in Holocene coastal deposits of the southwest Netherlands; the Poortvliet boring, a case study of palaeoenvironmental diatom research. – *Hydrobiologia* **269/270**: 297-306
- VOS, P. C. & DE WOLF, H. (1994): Palaeoenvironmental Research on Diatoms in Early and Middle Holocene Deposits in Central North Holland (The Netherlands). – *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* **28**: 97-113
- WATTENBERG, H. (1949): Entwurf einer natürlichen Einteilung der Ostsee. – *Kieler Meeresforschungen* **6**: 10-15
- WESTMAN, P. (1998): On the possible use of the siliceous microalgae [*Dictyocha speculum*] and [*Ebria tripartita*] as biomarkers and palaeoecological indicators in Holocene Baltic Sea sediments. – *Quaternaria, Ser. A: Theses and Research Papers* **5**: Paper III: 1-12
- WESTMAN, P. & HAJDU, S. (1998): Variability and consistency in siliceous microfossil assemblages in Baltic Sea surface sediments. – *Quaternaria, Ser. A: Theses and Research Papers* **5**: Paper V: 1-14

- WESTMAN, P. & SOHLENIUS, G. (1995): Chrysophyte Cyst and Diatom Flora of a Littorina Sea Sediment Sequence from the Northwestern Baltic Proper. – *Pact* **50**(II.9): 175-184
- WESTMAN, P. & SOHLENIUS, G. (1998): Diatom stratigraphy in five off-shore sediment cores from the north-western Baltic implying large scale circulation changes during the last c. 8500 years. – *Quaternaria, Ser. A: Theses and Research Papers* **5**: Paper I: 1-21
- WINN, K. (1974): Present and Postglacial Sedimentation in the Great Belt Channel (Western Baltic). – *Meyniana* **26**: 63-101
- WINN, K. & AVERDIECK, F.-R. (1984): Post-Boreal Development of the Western Baltic: Comparison of two local Sediment Basins. – *Meyniana* **36**: 35-50
- WINN, K.; WERNER, F. & ERLLENKEUSER, H. (1988): Hydrography of the Kiel Bay, Western Baltic, during the Littorina Transgression. – *Meyniana* **40**: 31-46
- WITKOWSKI, A. (1994): Recent and fossil diatom flora of the Gulf of Gdansk, Southern Baltic Sea. – *Bibliotheca Diatomologica* **28**: 1-313
- WITKOWSKI, A.; LANGE-BERTALOT, H. & METZELTIN, D. (1995/96): The diatom species *Fragilaria martyi* (HERIBAUD) LANGE-BERTALOT, Identity and Ecology. – *Archiv für Protistenkunde* **146**: 281-292
- WITKOWSKI, A.; LANGE-BERTALOT, H. & METZELTIN, D. (2000): Diatom Flora of Marine Coasts I. – *Iconographia Diatomologica* **7**: 1-925
- WITKOWSKI, A. & MILLER, U. (1999): Diatom Flora of the Mastogloia Sea - an indicator of environmental changes in the recent Baltic Sea. – In: ANDRÉN, T. (ed.), *Proceedings of the Conference: The Baltic - past, present and future*. – *Quaternaria, Ser. A: Theses and Research Papers* **7**: 87-100
- WOLLAST, R. (1974): The silica problem. – In: GOLDBERG, E. D. (ed.), *Marine chemistry, The Sea*. – Interscience, New York **5**: 359-392
- WUNSAM, S. & SCHMIDT, R. (1995): A diatom-phosphorus transfer function for alpine and pre-alpine lakes. – *Memorie dell'Istituto italiano di Idrobiologia* **53**: 85-99
- ZEITSCHSEL, B. (1965): Zur Sedimentation von Seston, eine produktionsbiologische Untersuchung von Sinkstoffen und Sedimenten der westlichen und mittleren Ostsee. – *Kieler Meeresforschungen* **21**(1): 55-80
- ZGRUNDO, A. (1999): Holocene environmental instability as recorded in an core from the Slupsk furrow, Southern Baltic. – *Oceanological Studies* **28**(3-4): 59-73
- ZIEMANN, H. (1971): Die Wirkung des Salzgehaltes auf die Diatomeenflora als Grundlage für eine biologische Analyse und Klassifikation der Binnengewässer. – *Limnologica* **8**(2): 505-525
- ZIEMANN, H. (1982): Indikatoren für den Salzgehalt der Gewässer - Halobiensystem. Biologische Wirkung des Salzgehalts. – In: BREITIG, G. & VON TÜMLING, W. (eds.), *Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung*. – Bd. II, Gustav Fischer Verlag, Jena: 89-95 und 108-114
- ZIEMANN, H. (1997a): The Influence of Different Ion Ratios on the Biological Effect of Salinity in Running Waters of Thuringia (Germany). – *Limnologica* **27**(1): 19-28
- ZIEMANN, H. (1997b): Zur Frage einer Salzklassifikation limnischer Gewässer auf der Basis der Chlorkonzentration. – *Tagungsbericht der Deutschen Gesellschaft für Limnologie, Krefeld*: 687-691

ZIEMANN, H.; NOLTING, E. & RUSTIGE, K. H. (1999): Salzgehalt. – In: VON TÜMPLING, W. & FRIEDRICH, G. (eds.), Biologische Gewässeruntersuchung. – Gustav Fischer, Jena Stuttgart Lübeck Ulm: 309-313

## Anhang

In der Tabelle A1 sind alle identifizierten Diatomeentaxa aufgeführt. Darüber hinaus enthält sie die Angaben über die Salinitätspräferenz, das Habitat, die pH-Präferenz, die Trophie-Klassifikation, die Temperaturpräferenz und die Verbreitung, die in der aktuellen Arbeit zur Anwendung kamen. Die Angaben entstammen den folgenden Quellen: KOLBE (1927), HUSTEDT (1957), VAN DER WERFF & HULS (1957-1974), HUSTEDT (1959, 1962, 1971), SIMONSEN (1962), CHOLNOKY (1968), KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986, 1988, 1991a, 1991b), KLEE & STEINBERG (1987), PANKOW (1990), DENYS (1991), JUGGINS (1992), SNOEIJIS (1993), HOFMANN (1994), SNOEIJIS & VILBASTE (1994), VAN DAM et al. (1994), SNOEIJIS & POTAPOVA (1995), LANGE-BERTALOT (1996), VOIGT (1996), ZIEMANN et al. (1999), WITKOWSKI et al. (2000), HOFMANN (2000 mündl. Mitteilung), LANGE-BERTALOT (2000 mündl. Mitteilung) und WITKOWSKI (2000 schriftl. Mitteilung). Zusätzlich finden sich in der Tabelle A1 Angaben über verbreitete Synonyme bzw. Basionyme und Florenwerke, in denen Artbeschreibungen und Abbildungen zu finden sind.

In Tab. A1 bedeuten:

**Salinität (S):** ph: polyhalob, mh: mesohalob, oh: oligohalob, i: indifferent, hp: halophil, hx: halophob, eh: euryhalin, sh: stenohalin

**Habitat (H):** b: benthisch, p: planktisch, ep: epontisch

**pH-Präferenz (pH):** ind: indifferent, alkb: alkalibiont, alkf: alkaliphil, circ: circumneutral, acf: acidophil

**Trophiegruppen (T1) nach HOFMANN (1994):** tol: tolerant, eut: eutrapient, am-eut:  $\alpha$ -meso-eutrapient, ol-bmt: oligo- $\beta$ -mesotrapient, ol-amt: oligo- $\alpha$ -mesotrapient, ot: oligotrapient

**Trophiegruppen (T2) nach DENYS (1991), VAN DAM et al. (1994), HOFMANN (1994), VOIGT (1996) und LANGE-BERTALOT (1996):** tol: tolerant, et: eutrapient, met: meso- bis eutrapient, omt: oligo- bis mesotrapient, ot: oligotrapient

**Konservierungspotenzial (KoP):** h: hoch, m: moderat, n: niedrig

**Temperaturpräferenz (T):** na: nordisch-alpin, k: kalt, w: warm

**Verbreitung (V):** K: Kosmopolit, K?: wahrscheinlich Kosmopolit, nH: nördliche Hemisphäre, Eu: Europa, Atl: Atlantik, verbr: verbreitet, arkt: arktisch, bor: boreal

**Floren (F):** SWF: KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986-1991), ID2: LANGE-BERTALOT & METZELTIN (1996), ID3: LANGE-BERTALOT et al. (1996), ID4: METZELTIN & WITKOWSKI (1996), ID5: METZELTIN & LANGE-BERTALOT (1998), ID6: LANGE-BERTALOT & GENKAL (1999), ID7: WITKOWSKI et al. (2000), BMB: SNOEIJIS et al. (1993-1995), BD26: KRAMMER (1992), BD27: LANGE-BERTALOT (1993), BD28: WITKOWSKI (1994), BD29: LANGE-BERTALOT & MOSER (1994), BD36: KRAMMER (1997a), BD37: KRAMMER (1997b), Hu: HUSTEDT (1959-1971)

Tab. A1: Gesamtartenliste											
Achnanthes Bory de St. Vincent 1822 s. str. et s. l. partim											
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym	
amoena Hustedt	mh	b	ind			m		K?	ID7		
brevipes var. intermedia (Kützing) Cleve	mh	b	ind			m		K	ID7		
brockmannii Simonsen	ph	b						Ostsee	ID7		
calcar (Cleve) Cleve	oh	b			ot		na	nH	SWF		
clevei Grunow var. clevei	oh i	b	alkf	am-eut	met	m		K	SWF		
clevei var. botnica Cleve	oh hp	b							SWF		
clevei var. rostrata Hustedt	oh	b	alkf		met	m		K	SWF		
conspicua A. Mayer	oh	b	circ	tol	tol	m		K	SWF		
exigua Grunow in Cleve & Grunow var. exigua	oh i	b	alkf	am-eut	met	m		K	SWF		
sp. (fein gestreift)		b									
flexella (Kützing) Brun var. flexella	oh	b	circ	ot	ot		na	K	SWF		
geocollegarum (Manuskript-Name)	oh hp	b							ID4		
kolbei Hustedt	oh	b	alkf		met	m		K?	SWF		
lacunarum Hustedt	oh	b							SWF		
laevis Østrup var. laevis	oh	b	circ	tol	tol			K?	SWF		
laterostrata Hustedt	oh hx	b	circ	ot	ot	m	na	nH	SWF		
aff. lauenburgiana Hustedt		b									
lemmermannii Hustedt	mh	b	acf			m			ID7		
aff. lemmermannii Hustedt		b									
linearoides (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	oh hx	b			ot				ID2		
minuscula Hustedt	oh	b	alkb	am-eut	met			K?	SWF		
minutissima Kützing var. ?	oh	b	circ	tol	tol	n		K	SWF		
nitidiformis Lange-Bertalot	oh hx	b									
oestrupii (Cleve-Euler) Hustedt var. oestrupii	oh	b	circ				na	nH	SWF		
peragalli Brun & Héribaud	oh hx	b	circ		ot			nH	SWF		
petersenii Hustedt	oh hx	b	circ	ol-bmt	omt		na	K	SWF		
ploenensis var. gessneri (Hustedt) Lange-Bertalot in Lange-Bertalot & Kramer											
aff. pusilla (Grunow) De Toni	oh hp	b						K	SWF		
saccula Carter in Carter & Bailey-Watts	oh hx	b					na	nH	SWF		
semiaperta Hustedt	oh hx	b				m			SWF		
submarina Hustedt	mh	b			n			K?	ID7		
subsalsa Petersen	oh hp	b						Eu	SWF		
ziegleri Lange-Bertalot	oh	b	alkb?	am-eut	met				SWF		

Tab. A1: Gesamtartenliste											
Actinocyclus Ehrenberg 1837											
<i>curvatulus</i>	Janisch in A. Schmidt Atlas	ph	ep			h k	K			ID7	
<i>normannii</i>	(Gregory) Hustedt	mh	bp	alkf	et	h	K			ID7	
<i>oceanarius</i>	Ehrenberg	ph eh	bp	ind		h	K			ID7	<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> Ralfs
<i>oceanarius</i>	var. <i>crassus</i> (W. Smith) Hendey	mh	p	ind		h	Eu			BMB	
<i>vestigulus</i>	Watkins	ph									
Actinoptychus Ehrenberg 1841											
<i>senarius</i>	(Ehrenberg) Ehrenberg	ph	bp	ind		m	verbr			ID7	
Adlafia Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin 1998											
<i>bryophila</i>	(Petersen) Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin	oh hx	b	circ	tol	tol	n	K		SWF	<i>Navicula bryophila</i> Petersen
Amphipleura Kützing 1844											
<i>pellucida</i>	(Kützing) Kützing	oh	b	alkf	tol	tol	n	K?		SWF	
Amphora Ehrenberg ex Kützing 1844											
<i>aequalis</i>	Krammer	oh	b					K?		SWF	
aff. <i>aequalis</i>	Krammer		b								
<i>arenicola</i>	(Grunow in Cleve & Möller) Cleve	mh	b	ind		m		K		ID7	
<i>aspera</i>	Petit	ph	b					Eu		ID7	
<i>coffeaeformis</i>	(Agardh) Kützing var. <i>coffeaeformis</i>	mh	b	alkf		et	m	K		ID7	
<i>copulata</i>	(Kützing) Schoeman & Archibald	oh	b	alkf	tol	tol	m	K		SWF	<i>Amphora libyca</i> (Ehrenberg)
aff. <i>copulata</i>	(Kützing) Schoeman & Archibald		b								
<i>crassa</i>	Gregory	ph	b					K		ID7	
<i>crucifera</i>	Cleve-Euler	oh hp	b							ID7	
<i>cymbifera</i>	Gregory	ph	b					verbr		ID7	
aff. <i>exigua</i>	Gregory		b								
<i>fogediana</i>	Krammer	oh	b			ot				SWF	
<i>graeffii</i>	(Grunow in Schmidt et al.) Cleve	ph	b							ID4	
<i>granulata</i>	Gregory	ph	b	ind		m		verbr		ID7	
<i>helenensis</i>	Giffen	ph eh	b					K		ID7	
<i>holsatica</i>	Hustedt	mh	b	alkb		et	m	K?		SWF	
<i>inariensis</i>	Krammer	oh	b			ot		na	K?	SWF	
<i>maetractata</i>	var. <i>constricta</i> (Heiden) Simonsen	ph eh	b					nH		ID7	
<i>marina</i>	W. Smith	ph eh	b	ind			m	K		ID7	
aff. <i>marina</i>	W. Smith		b								
aff. <i>montana</i>	Krasske		b								
<i>ovalis</i>	(Kützing) Kützing	oh i	b	alkf	am-eut	met	h	K		SWF	



Tab. A1: Gesamtartenliste												
<b>Amphora Ehrenberg ex Kützing 1844</b>												
<i>pediculus</i> (Kützing) Grunow	oh i	b	alkf	tol	tol	m	K?				SWF	
aff. <i>pediculus</i> (Kützing) Grunow		b										
<i>proteoides</i> Hustedt	ph	b	ind			h	Eu				ID7	
aff. <i>pseudoholsatica</i> Nagumo & Kobayasi		b										
aff. <i>spectabilis</i> Gregory		b										
aff. <i>subcapitata</i> (Kisselev) Hustedt		b										
<i>thumensis</i> (A. Mayer) Cleve-Euler	oh	b	alkb	ol-amt	met		K?				SWF	
<i>turgida</i> Gregory var. <i>turgida</i>	ph	b	ind			m	K				ID7	
<i>veneta</i> Kützing	oh hp	b	alkb		et	m	K				SWF	
<i>weissflogii</i> Schmidt in Schmidt et al.	ph	b										
<i>wisei</i> (Salah) Simonsen	ph	b	ind			m	K				ID7	
<b>Anaulus Ehrenberg 1844</b>												
<i>balticus</i> Simonsen	ph eh	b	ind			n	Ostsee				ID7	
<i>simonsenii</i> Witkowski & Metzeltin	ph	b					Ostsee				ID7	
<b>Aneumastus Mann &amp; Stickle 1990</b>												
<i>apiculatus</i> (Østrup) Lange-Bertalot	oh	b	alkb	ol-amt	met	m	nH				ID6	<i>Navicula pseudotuscula</i> auct. non Hustedt
<i>minor</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	oh	b	alkb	am-eut	met						BD27	<i>Navicula tuscula</i> f. <i>minor</i> Hustedt
<i>rostratus</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	oh	b										<i>Navicula tuscula</i> var. <i>rostrata</i> Hustedt
<i>stroesei</i> (Østrup) D. G. Mann in Round et al.	oh	b									ID2	<i>Navicula tuscula</i> var. <i>stroesei</i> Østrup
<i>tusculus</i> (Ehrenberg) D. G. Mann & A. J. Stickle in Round et al.	oh i	b	alkb	ol-amt	met	m					BD27	<i>Navicula tuscula</i> Ehrenberg
<b>Anorthoneis Grunow 1868</b>												
<i>excentrica</i> (Donkin) Grunow	ph	b	ind			m					ID7	
<b>Ardissonaea De Notaris 1870</b>												
<i>crystallina</i> (Agardh) Grunow	mh	b	ind			m	Eu				ID7	<i>Synedra crystallina</i> (Agardh) Kützing
<b>Aulacoseira Thwaites 1848</b>												
<i>ambigua</i> (Grunow) Simonsen	oh	p	alkf		tol	m	K				SWF	
<i>granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	oh	p	alkf		et	m	K				SWF	
aff. <i>granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen												
<i>islandica</i> (O. Müller) Simonsen	oh	p	circ		tol	m	k	K			SWF	<i>Melosira islandica</i> O. Müller
aff. <i>muzzanensis</i> (Meister) Krammer												
spp.												
<i>subarctica</i> (O. Müller) Haworth	oh	p	acf		met		na	K			SWF	

Tab. A1: Gesamtartenliste										
<b>Auliscus Ehrenberg 1843</b>										
<i>sculptus</i> (W. Smith)	Ralfs in Pritchard	ph	bp	ind	h		Nordsee	ID7		
<b>Austariella Witkowski, Lange-Bertalot &amp; Metzeltin 2000</b>										
<i>jamaliensis</i> (Cleve in Cleve & Grunow)	Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	mh	b		nH			ID7	<i>Navicula jamaliensis</i>	Cleve
<b>Bacillaria Gmelin 1791</b>										
<i>paxillifer</i> (O. F. Müller)	Hendey var. <i>paxillifer</i>	mh	bp	alkb	et	m	K	ID7	<i>Bacillaria paradoxa</i>	Gmelin
<b>Berkeleya Greville 1827</b>										
<i>rutilans</i> (Trentepohl)	Grunow	mh	b	alkf	n		K	ID7	<i>Amphipleura rutilans</i> (Trentepohl)	Cleve
<b>Biddulphia Gray 1821</b>										
<i>longicrucis</i>	Grunow	ph								
<i>rhombus</i> (Ehrenberg)	W. Smith	ph	bp		h			Hu		
<b>Biremis Mann &amp; Cox 1990</b>										
aff. <i>ambigua</i> (Cleve)	D. G. Mann		b							
<i>lucens</i> (Hustedt)	Sabbe, Witkowski & Vyverman	mh	b							
<b>Brachysira Kützing 1836</b>										
<i>neoexilis</i>	Lange-Bertalot	oh	hx	b	ot		K	BD29		
<i>procera</i>	Lange-Bertalot & Moser	oh	hx	b	ot		K?	BD29		
<b>Caloneis Cleve 1894</b>										
aff. <i>aemula</i>	(Grunow ex A. Schmidt) Cleve		b							
<i>bacillum</i>	(Grunow) Cleve	oh	i	b	alkf	am-eut	met	m	K	SWF
aff. <i>bacillum</i>	(Grunow) Cleve		b							
<i>brevis</i>	(Greville) Cleve	ph	b	ind		m				BD28
<i>fusoides</i>	(Grunow in Cleve & Grunow)	ph	b	ind		m	verbr			ID7
<i>liber</i>	(W. Smith) Cleve	ph	b	ind		m	K			ID7
<i>schumanniana</i>	(Grunow) Cleve var. <i>schumanniana</i>	oh	i	b	alkb	omt			K	SWF
<i>schumanniana</i>	var. <i>biconstricta</i>	oh	i	b	alkb	mt				ID5
<i>silicula</i>	(Ehrenberg) Cleve f. <i>silicula</i>	oh	i	b	alkf	tol			K	SWF
<b>Campylodiscus Ehrenberg ex Kützing 1844</b>										
aff. <i>angularis</i>	Gregory		b							
<i>bicostatus</i>	W. Smith in Roper	mh	b	alkb	et	h	K?			SWF
<i>clypeus</i>	Ehrenberg	mh	b	alkb	et	h	K			ID7
<i>echeneis</i>	Ehrenberg	mh	b	ind	h		K			SWF
<i>fastuosus</i>	Ehrenberg (=Thuretti?)	ph	b	ind	m					

Tab. A1: Gesamtartenliste												
Campylopus Ehrenberg ex Kützing 1844												
<i>fastuosus</i> var. <i>baldjickiana</i> (Grunow in A. Schmidt) Van Ledingham	ph	b										
<i>hibernicus</i> Ehrenberg	oh i	b	alkb								K	SWF
<i>innominatus</i> Ross & Abidin	ph	b										
<i>aff. latus</i> Shadbolt	b											
Campylosira Grunow ex Van Heurck 1885												
<i>cymbelliformis</i> (Schmidt) Grunow ex Van Heurck	ph	b	ind			m		verbr				ID7
Catenula Mereschkowsky 1903												
<i>adhaerens</i> Mereschkowsky	ph	b	ind			n		K				ID7
Cavinula Mann & Stickle 1990												
<i>cocconeiformis</i> (Gregory ex Greville) D. G. Mann & A. J. Stickle in Round et al.	oh	b	circ	ol-bmt	omt	m	k	K?				SWF
<i>cocconeiformis</i> f. <i>elliptica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	oh hx	b					k					ID2
<i>jaernefeltii</i> (Hustedt) D. G. Mann & A. J. Stickle in Round et al.	oh	b	acf	ol-amt	omt			K?				SWF
<i>mollicula</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	oh	b										ID2
<i>pseudoscutiformis</i> (Hustedt) D. G. Mann & A. J. Stickle in Round et al.	oh hx	b	alkf	ot	ot			K?				SWF
<i>scutelloides</i> (W. Smith) Lange-Bertalot	oh i	b	alkb	eut	et	m		K?				ID2
<i>scutiformis</i> (Grunow in A. Schmidt et al.) D. G. Mann & A. J. Stickle in Round et al.	oh	b										SWF
<i>thoroddsenii</i> (Foged) Lange-Bertalot	oh	b										ID2
Cerataulus Ehrenberg 1843												
<i>turgidus</i> Ehrenberg	ph	b	ind			h	w					Hu
Chaetoceros Ehrenberg 1844												
<i>diadema</i> (Ehrenberg) Gran (Sporen)	ph	p						bor-arkt				BD28
<i>mitra</i> (Bailey) Cleve (Sporen)	ph	p					k	arkt				BD28
spp. (Sporen)	ph?	p										
spp. (Sporen) Osterei	ph?	p										
Chamaepinnularia												
<i>soehrensii</i> var. <i>musciola</i> (Petersen) Lange-Bertalot & Krammer	oh hx	b	acf		ot	m		K				ID2
												Krasske
<i>Navicula soehrensii</i> var. <i>musciola</i> (Petersen)												
Cocconeopsis Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin 2000												
<i>breviata</i> (Hustedt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	ph	b				n						ID7
												<i>Navicula breviata</i> Hustedt

Tab. A1: Gesamtartenliste											
Cocconeis Ehrenberg 1837											
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym	
<i>sp.</i> (außen gepunktet)	ph eh	b									
<i>clandestina</i> A. Schmidt	ph eh	b	ind		m			Eu	ID7		
<i>costata</i> Gregory var. <i>costata</i>	ph	b	ind		m			K?	ID7		
<i>disculus</i> (Schumann) Cleve in Cleve & Jentzsch	oh i	b	alkf		met	m		K?	SWF		
<i>distans</i> Gregory	ph eh	b	ind		m			Eu	ID7		
<i>fluminensis</i> (Grunow) Peragallo	ph	b	ind		m				Hu		
<i>hauniensis</i> Witkowski emend. Witkowski	mh	b									
<i>hoffmannii</i> Simonsen	ph	b	ind		m			Ostsee	ID7		
aff. <i>hoffmannii</i> Simonsen	b										
<i>neodiminuta</i> Krammer	oh	bp							SWF		
Cocconeis Ehrenberg 1837											
aff. <i>neodiminuta</i> Krammer	b										
<i>neothumensis</i> Krammer	oh	b	alkb	am-eut	met			K?	SWF		
<i>pediculus</i> Ehrenberg	oh hp	b	alkf	eut	et	m		K	SWF		
<i>pelta</i> A. Schmidt	ph	b	ind		m			verbr	ID7		
<i>peltoides</i> Hustedt	ph eh	b	ind		m			K	ID7		
aff. <i>peltoides</i> Hustedt	b										
<i>placentula</i> Ehrenberg var. ?	oh i	b	alkf	tol	tol	m		K	SWF		
<i>placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	oh i	b	alkf		tol	m		K	SWF		
<i>placentula</i> var. <i>clinoraphis</i> Geitler	oh i	b	alkf		met	m		K	SWF		
<i>placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	oh i	b	alkf		met	m		K	SWF		
<i>placentula</i> var. <i>pseudolineata</i> Geitler	oh	b						K	SWF		
<i>pseudomarginata</i> Gregory	ph	b						verbr	ID7		
<i>pseudothumensis</i> Reichardt	oh i	b			ot				SWF		
<i>scutellum</i> Ehrenberg var. <i>scutellum</i>	mh	b	ind		m			K	ID7		
<i>scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grunow in Van Heurck) Cleve	mh	b	alkb		m			K	SWF		
<i>sp.</i> I	b										
<i>sp.</i> II	b										
<i>speciosa</i> Gregory	mh	b	ind		h				ID7		
<i>discrepans</i> A. Schmidt	ph	b									
<i>stauroneiformis</i> (W. Smith) Okuno	ph eh	b	ind		m			nH	ID7		
Cosmioneis Mann & Stickle 1990											
<i>pusilla</i> (W. Smith) D. G. Mann & A. J. Stickle in Round et al. var.	oh hp	b	circ		m			K	ID7		<i>Navicula pusilla</i> W. Smith var. <i>pusilla</i>

Tab. A1: Gesamtartenliste											
<i>Cyclostephanos</i> Round in Theriot et al. 1987											
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym	
<i>dubius</i> (Fricke) Round	oh hp	p	alkb		et	m		K		SWF	
<b><i>Cyclotella</i> (Kützing) Brébisson 1838 nom. cons.</b>											
<i>antiqua</i> W. Smith	oh	b	acf		ot		na			SWF	
<i>atomus</i> Hustedt	oh hp	p	alkf		et	n		K		SWF	
<i>bodanica</i> Grunow in Schneider var. <i>bodanica</i>	oh	p	circ		ot					SWF	
<i>bodanica</i> var. aff. <i>affinis</i> (Grunow) Cleve-Euler										SWF	
<i>bodanica</i> var. <i>lemanica</i> (O. Müller ex Schröter) Bachmann	oh	p								SWF	
<i>caspia</i> Grunow in Schneider	mh	p	ind			m		Eu		SWF	
<i>choctawhatcheana</i> Prassad	mh	bp								SWF	<i>Cyclotella hakanssoniae</i> Wendker
<i>comensis</i> Grunow in Van Heurck	oh	p	circ		ot					SWF	
aff. <i>comensis</i> Grunow in Van Heurck											
<b><i>Cyclotella</i> (Kützing) Brébisson 1838 nom. cons.</b>											
<i>cyclopuncta</i> Håkansson & Carter	oh	b								SWF	
aff. <i>cyclopuncta</i> Håkansson & Carter											
<i>distinguenda</i> var. <i>unipunctata</i> (Hustedt) Håkansson & Carter	oh	p						K		SWF	
<i>glabriuscula</i> (Grunow) Håkansson	oh	p						K?		SWF	
aff. <i>glabriuscula</i> (Grunow) Håkansson											
<i>iris</i> Brun & Héribaud	oh	bp			ot	m				SWF	
<i>krammeri</i> Håkansson	oh	bp	alkf		omt	m		K?		SWF	<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thwaites
<i>meneghiniana</i> Kützing	oh hp	bp	alkf		et	m				SWF	
<i>ocellata</i> Pantocsek	oh	b	alkf		met	m		K?		SWF	
aff. <i>paucipunctata</i> Grunow											
<i>planctonica</i> Brunnthaler	oh	p								SWF	
<i>pseudostelligera</i> Hustedt	oh i	p	circ		et			K		SWF	
aff. <i>quadrifuncta</i> (Schröter) von Kreissler											
<i>radiosa</i> (Grunow) Lemmermann	oh	p	alkf		tol	m		K?		SWF	
aff. <i>radiosa</i> (Grunow) Lemmermann											
<i>rossii</i> Håkansson	oh	p						K?		SWF	
aff. <i>rossii</i> Håkansson											
<i>striata</i> (Kützing) Grunow	mh	bp	alkf			m		K		SWF	
<b><i>Cymatopleura</i> W. Smith 1851</b>											
<i>elliptica</i> (Brébisson) W. Smith var. <i>elliptica</i>	oh i	b	alkf	tol	tol	h		K		SWF	
<i>elliptica</i> var. <i>hibernica</i> (W. Smith) Van Heurck	oh i	b	alkf		et	h		K		SWF	

Tab. A1: Gesamtartenliste											
<i>Cymatopleura</i> W. Smith 1851											
<i>solea</i> (Brébisson) W. Smith	oh i	b	alkf	eut	et		K				SWF
<i>Cymatosira</i> Grunow 1862											
<i>belgica</i> Grunow in Van Heurck	ph	b	ind		m					ID7	
<i>Cymbella</i> Agardh 1830 nom. cons.											
<i>affinis</i> Kützing	oh i	b	alkf	am-eut	met	m		K			SWF
<i>amphicephala</i> Naegeli in Kützing var. <i>amphicephala</i>	oh hx	b	circ	ol-amt	omt	m		K?			SWF
<i>cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	oh i	b	alkf	tol	tol	h		K			SWF
<i>cuspidata</i> Kützing	oh i	b	circ	tol	tol	h					SWF
<i>cymbiformis</i> Agardh var. <i>cymbiformis</i>	oh	b	circ	ol-bmt	omt	h					SWF
<i>descripta</i> (Hustedt) Krammer & Lange-Bertalot	oh hx	b		ot	ot		k				SWF
<i>ehrenbergii</i> Kützing	oh	b	alkb	tol	tol	h		K			SWF
<i>helvetica</i> Kützing (MT mittel)	oh i	b	alkf	ol-bmt	omt	h		K			SWF
<i>hybrida</i> Grunow in Cleve & Möller	oh	b		ot	ot						SWF
<i>Cymbella</i> Agardh 1830 nom. cons.											
<i>lacustris</i> (Agardh) Cleve	oh i	b	alkf		met						SWF
<i>lanceolata</i> (Ehrenberg) Kirchner	oh i	b	alkf	am-eut	met	h		K			SWF
<i>lata</i> Grunow in Cleve	oh i	b						nH			SWF
<i>prostrata</i> (Berkeley) Cleve	oh i	b	alkf	eut	et	h		K			SWF
<i>proxima</i> Reimer in Patrick & Reimer	oh	b		tol	tol						SWF
<i>subaequalis</i>	oh			ol-bmt	omt						
<i>Cymbellonitzschia</i> Hustedt 1924											
<i>diluviana</i> Hustedt	oh	b	alkb	ol-amt	omt					SWF	<i>Nitzschia diluviana</i> Krasske
<i>Delphineis</i> Andrews 1977											
<i>minutissima</i> (Hustedt) Simonsen	ph	b	ind		m			K?		ID7	<i>Raphoneis minutissima</i> Hustedt
<i>surirella</i> (Ehrenberg) Andrews	ph	b								ID7	<i>Raphoneis surirella</i> (Ehrenberg) Grunow
<i>Denticula</i> Kützing 1844											
<i>kuetzingii</i> Grunow	oh	b	alkf	ol-bmt	omt			K			SWF
<i>aff. neritica</i> Holmes & Croll		b									
<i>tenuis</i> Kützing	oh	b	alkf	ol-amt	omt	m		K			SWF
<i>Diatoma</i> Bory de St. Vincent 1824											
<i>moniliformis</i> Kützing	oh hp	b	alkb	eut	et			verbr			SWF
<i>tenuis</i> Agardh	oh	bp	alkf	am-eut	met	n		K			SWF
<i>Didymosphenia</i> Schmidt 1899											
<i>geminata</i> (Lynbye) M. Schmidt	oh	b		ot			k	nH			SWF

Tab. A1: Gesamtartenliste											
Dimeregramma Ralfs in Pritchard 1861											
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym	
<i>fulvum</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard	ph	b	ind			h		Eu	ID7		
<i>hyalinum</i> Hustedt	ph	b	ind			n		Atl	ID7		
<i>minor</i> (Gregory) Ralfs var. <i>minor</i>	ph	b	ind			h		verbr	ID7		
<b>Diploneis Ehrenberg 1844</b>											
<i>aestuarii</i> Hustedt	ph	b	ind			m		Eu	ID7		
<i>alpina</i> Meister	oh	b			ot		na		SWF		
<i>boldtiana</i> Cleve	oh	b							SWF		
<i>bombus</i> Ehrenberg	ph	b	ind			h		verbr	ID7		
<i>chersonensis</i> (Grunow) Cleve	ph	b						K	ID7		
<i>coffaeiformis</i> (A. Schmidt) Cleve	ph	b	ind			m		Atl	Hu		
aff. <i>coffaeiformis</i> (A. Schmidt) Cleve	b										
<i>decipiens</i> var. <i>parallela</i> A. Cleve	mh	b							ID7		
<i>didyma</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	mh	b	ind			h		K	ID7		
<i>domblittensis</i> (Grunow) Cleve	oh	b			ot			Ostsee	SWF		
<i>elliptica</i> (Kützing) Cleve var. <i>elliptica</i>	oh i	b	alkf	ol-amt	omt	h		K	SWF		
<i>elliptica</i> var. <i>ladogensis</i> Cleve	oh	b						Eu	SWF		
<i>entomon</i> (Ehrenberg) Cleve	ph	b									
aff. <i>eudoxia</i> (A. Schmidt) Mills	b										
<i>finnica</i> (Ehrenberg) Cleve	oh hx	b			ot			n	SWF		
<i>fusca</i> (Gregory) Cleve	ph	b						verbr	ID7		
<i>interrupta</i> (Kützing) Cleve	mh	b	alkb		et	h		K	ID7		
<i>litoralis</i> (Donkin) Cleve var. <i>litoralis</i>	ph eh	b	ind			m		verbr	ID7		
<i>marginestriata</i> Hustedt	oh hx	b	alkf		ot	m	na	K?	SWF		
<i>mauleri</i> (Brun) Cleve	oh	b						K?	SWF		
<i>mirabilis</i> König	ph	b							ID7		
<i>modica</i> Hustedt	oh	b			ot				SWF		
<i>nitescens</i> (Gregory) Cleve	ph	b	ind			m			ID7		
aff. <i>nitescens</i> (Gregory) Cleve	b										
<i>notabilis</i> (Greville) Cleve	ph	b	ind			h		K	ID7		
<i>oblongella</i> (Naegeli) Cleve-Euler	oh i	b	alkf	ol-bmt	omt	m		K?	SWF		
<i>oculata</i> (Brébisson) Cleve	oh i	b	circ	tol	tol	m		K	SWF		
<i>ovalis</i> (Hilse) Cleve	oh i	b	alkf	ot	ot	h		K?	SWF		
<i>papula</i> (A. Schmidt) Cleve var. <i>papula</i>	ph	b	ind		ot	m	w	verbr	ID7		

Tab. A1: Gesamtartenliste										
<i>Diploneis</i> Ehrenberg 1844										
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym
<i>parca</i> (A. Schmidt) Boyer	ph	b						verbr	ID7	
<i>parma</i> Cleve	oh	b					na		SWF	
<i>pseudovalis</i> Hustedt	mh	b	alkf		et	m			ID7	
aff. <i>puella</i> (Schumann) Cleve	b									
<i>reichardtii</i> var. <i>Tschukschorum</i> (Cleve) Heiden in Heiden & Kolbe	ph	b								
<i>sejuncta</i> (A. Schmidt) Jørgensen	ph	b						verbr	ID7	
<i>sejuncta</i> f. <i>constricta</i> Hustedt	ph	b						Ostsee	ID7	
aff. <i>sejuncta</i> f. <i>constricta</i> Hustedt	b									
<i>smithii</i> (Brébisson) Cleve var. <i>smithii</i>	mh	b	ind			m		K	ID7	
<i>smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grunow) Hustedt	mh	b	alkb			m			SWF	
<i>smithii</i> var. <i>rhombica</i> Mereschkowsky	mh	b	ind			m		K	ID7	
<i>splendida</i> (Gregory) Cleve	ph	b							Hu	
<i>stroemii</i> Hustedt	ph eh	b	ind			h		verbr	ID7	
<i>subcincta</i> (A. Schmidt) Cleve	ph	b	ind			h		Eu	ID7	
<i>suborbicularis</i> (Gregory) Cleve var. <i>suborbicularis</i>	ph	b	ind			h	w		ID7	
aff. <i>suborbicularis</i> (Gregory) Cleve var. <i>suborbicularis</i>	b									
<i>subovalis</i> Cleve	oh	b	ind			m			SWF	
<i>vacillans</i> (A. Schmidt) Cleve var. <i>vacillans</i>	ph eh	b	ind			m	w	verbr	ID7	
sp. l	b									
<b><i>Ehrenbergia</i> Witkowski, Lange-Bertalot &amp; Metzeltin 2000</b>										
<i>granulosa</i> (Grunow) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	ph	b	ind			m		K	ID7	<i>Coscinodiscus granulatus</i> Grunow
<b><i>Ellerbeckia</i> Crawford 1988</b>										
<i>arenaria</i> (Moore) Crawford f. <i>arenaria</i>	oh	b	alkf		tol	h		K	SWF	
<b><i>Encyonema</i> Kützing 1833</b>										
<i>cespitosum</i> Kützing	oh	b	alkf	am-eut	met	m			BD36	<i>Cymbella caespitosa</i> (Kützing) Brun
<i>fogedii</i> Krammer	oh	b							BD36	
<i>minutum</i> (Hilse) D. G. Mann in Round et al.	oh	b	circ	ol-bmt	omt	m		arkt	BD36	<i>Cymbella minuta</i> W. Hilse
<i>reichardtii</i> (Krammer) D. G. Mann in Round et al.	oh	b	alkf?	eut	et		na		SWF	<i>Cymbella reichardtii</i> Krammer
<i>silesiacum</i> (Bleisch in Rabenhorst) D. G. Mann in Round et al.	oh i	b	circ	tol	tol	m		K	BD36	<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch
<b><i>Encyonopsis</i> Krammer 1997</b>										
<i>krammeri</i> Reichardt	oh	b							BD37	
aff. <i>krammeri</i> Reichardt	b									



Tab. A1: Gesamtartenliste												
Encyonopsis Krammer 1997												
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym		
microcephala (Grunow) Krammer	oh	b		alkf	tol	tol	m	K	BD37	Cymbella microcephala Grunow in Van Heurck		
Epithemia Brébisson ex Kützing 1844												
adnata (Kützing) Brébisson	oh i	b	alkb	am-eut	met	h		K	SWF	Epithemia zebra (Ehrenberg) Kützing		
argus (Ehrenberg) Kützing	oh i	b	alkf		omt			K	SWF			
frickei Krammer	oh i	b	alkf		et	h		K?	SWF			
goeppertiana Hilse	oh	b	alkf		ot	h		K?	SWF			
smithii Carruthers	oh	b						K?	SWF			
sorex Kützing	oh i	b	alkb	am-eut	met	m		K	SWF			
turgida (Ehrenberg) Kützing	oh i	b	alkb	eut	et	h		K	SWF			
Eunotia Ehrenberg 1837												
minor (Kützing) Grunow in Van Heurck	oh hx	b	acf	tol	tol			K?	SWF			
Eunotogramma Weisse 1855												
marinum (W. Smith) Peragallo	ph	b	ind			m		K	ID7			
Fallacia Stickle & Mann 1990												
amphipleuroides (Hustedt) D. G. Mann in Round et al.	ph eh	b	ind			n		K	ID7	Navicula amphipleuroides Hustedt		
balnearis (Grunow) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	oh hp	b						fossil	ID7	Navicula balnearis Grunow		
Fallacia Stickle & Mann 1990												
cassubiae Witkowski	mh	b							ID7			
clepsidroides Witkowski	mh	b						K	ID7			
cryptolyra (Brockmann) A. J. Stickle & D. G. Mann in Round et al.	mh	b	ind			n		K?	ID7	Navicula cryptolyra Brockmann		
aff. cryptolyra (Brockmann) Stickle & D. G. Mann in Round et al.												
dithmarsica (König in Hustedt) D. G. Mann in Round et al.	ph	b	ind			m			ID7	Navicula dithmarsica König		
florinae (Möller) Witkowski	mh	b	ind			n		K	ID7	Navicula florinae Möller		
forcipata (Greville) A. J. Stickle & D. G. Mann in Round et al.	ph eh	b	ind			m		K	ID7	Navicula forcipata Greville		
helensis (Schulz) D. G. Mann in Round et al.	oh i	b	alkf			n			SWF	Navicula helensis Schulz		
inattigens (Simonsen) D. G. Mann in Round et al.	ph eh	b						Ostsee	ID7	Navicula inattigens Simonsen		
litoricola (Hustedt) D. G. Mann in Round et al.	ph	b				m		K	ID7	Navicula litoricola Hustedt		
monoculata (Hustedt) D. G. Mann in Round et al.	oh	b	alkf	eut	et	n		K?	Hu	Navicula monoculata Hustedt		
aff. monoculata (Hustedt) D. G. Mann in Round et al.												
pseudoforcipata (Hustedt) D. G. Mann in Round et al.	oh i	b	alkf			n			Hu	Navicula pseudoforcipata Hustedt		
pseudony (Hustedt) D. G. Mann in Round et al.	mh	b						K	Hu	Navicula pseudony Hustedt		
aff. scaldensis Sabbe & Muylaert												

Tab. A1: Gesamtartenliste										
<b>Fallacia Stickle &amp; Mann 1990</b>										
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym
<i>subforcipata</i> (Hustedt) D. G. Mann in Round et al.	ph	b	ind		m			verbr	ID7	<i>Navicula subforcipata</i> Hustedt
<i>tenera</i> (Hustedt) D. G. Mann in Round et al.	mh	b	alkb		m			K	ID7	<i>Navicula tenera</i> Hustedt
<i>teneroides</i> (Hustedt) D. G. Mann in Round et al.	mh	b							ID7	<i>Navicula teneroides</i> Hustedt
<i>wuestii</i> (Simonsen) Sabbe & Muylaert	ph	b	ind		n				ID7	<i>Navicula wuestii</i> Simonsen
<b>Fogedia Witkowski, Lange-Bertalot &amp; Metzeltin</b>										
<i>finmarchica</i> (Cleve & Grunow) Witkowski, Metzeltin & Lange-Bertalot	mh	b						K	ID7	<i>Navicula finmarchica</i> (Cleve & Grunow) Cleve
<i>geisslerae</i> Witkowski, Metzeltin & Lange-Bertalot	ph eh	b						N.-/Ostsee	ID7	<i>Navicula finmarchica</i> Brockmann
<b>Fragilaria Lyngbye 1819</b>										
<i>amicorum</i> Witkowski & Lange-Bertalot	mh	b						Ostsee	ID7	
<i>atomus</i> Hustedt	mh	b	alkf		et	n		verbr	ID7	
aff. <i>bicapitata</i> A. Mayer										
<i>biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot	oh	b	alkf	tol	tol			K	SWF	
<i>brevistriata</i> Grunow in Van Heurck	oh i	b	alkf	tol	tol	m		K	SWF	
aff. <i>brevistriata</i> Grunow in Van Heurck	b									
<i>capensis</i> Grunow	ph eh	b						K?	ID7	
<i>capucina</i> Desmazières var. ?	oh	bp	circ	eut	et	m			SWF	
<i>capucina</i> var. <i>distans</i> (Grunow) Lange-Bertalot	oh	b		tol	tol				SWF	
<i>capucina</i> var. <i>mesolepta</i> (Rabenhorst) Rabenhorst	oh i	b	alkf	am-eut	met	m			SWF	
<i>capucina</i> var. <i>perminuta</i> (Grunow) Lange-Bertalot	oh	b		am-eut	met				SWF	
<b>Fragilaria Lyngbye 1819</b>										
<i>capucina</i> var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot	oh	b	circ	tol	tol				SWF	
<i>capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	oh i	b	alkf	eut	et	m			SWF	
<i>cassubica</i> Witkowski & Lange-Bertalot	mh	b						Ostsee	ID7	<i>Fragilaria subsalina</i> (Grunow) Lange-Bertalot
<i>construens</i> f. <i>binodis</i> (Ehrenberg) Hustedt	oh	b	alkf		met	m		K	SWF	
<i>construens</i> aff. f. <i>binodis</i> (Ehrenberg) Hustedt	b									
<i>construens</i> f. <i>construens</i> (Ehrenberg) Hustedt	oh	b	alkf	tol	tol	m		K	SWF	
<i>construens</i> aff. f. <i>construens</i> (Ehrenberg) Hustedt	b									
<i>construens</i> f. <i>subsalina</i> (Hustedt) Hustedt	oh hp	b	alkf		met	m		K	SWF	
<i>construens</i> f. <i>venter</i> (Ehrenberg) Hustedt	oh i	b	alkf		met	m		K	SWF	
<i>construens</i> aff. f. <i>venter</i> (Ehrenberg) Hustedt	b									
<i>crotonensis</i> Kitton	oh i	p	alkf	tol	tol			K	SWF	
aff. <i>delicatissima</i> (W. Smith) Lange-Bertalot	b									
<i>dilatata</i> (Brébisson) Lange-Bertalot	oh	b	alkf		et			K	SWF	

Tab. A1: Gesamtartenliste											
<i>Fragilaria</i> Lyngbye 1819											
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym	
<i>eichhornii</i> Witkowski & Lange-Bertalot	mh	b						N.-/Ostsee	ID7		
<i>elliptica</i> Schumann	oh	b	alkf	tol	tol			K?	SWF		
<i>exigua</i> Grunow in Cleve & Möller	oh	b	circ	ot	ot			arkt	SWF		
<i>famelica</i> (Kützing) Lange-Bertalot	mh	b	alkf	eut	et	m		K?	SWF		
<i>fasciculata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	mh	b	alkf	eut	et	m		K	SWF		
<i>gedanensis</i> Witkowski	mh	b						Ostsee	ID7		
<i>geocollegarum</i> Witkowski & Lange-Bertalot in Witkowski, Lange-Bertalot & Witak	mh	b							ID7		
<i>heidenii</i> Østrup	oh	bp	alkf		et	m		K?	SWF		
<i>hyalina</i> (Kützing) Grunow	ph eh	b						Eu	ID7		
<i>inflata</i> var. <i>istvanffy</i> (Pantocsek) Hustedt	oh i	b	alkf			m			BMB	<i>Fragilaria istvanffy</i> Pantocsek	
<i>lapponica</i> Grunow in Van Heurck	oh	b	alkf		omt	m		K	SWF		
<i>leptostauron</i> (Ehrenberg) Hustedt var. <i>leptostauron</i>	oh i	b	alkf		omt	h		K	SWF		
<i>martyi</i> (Héribaud) Lange-Bertalot	oh i	b	alkf		met	m		K			
<i>mazamaensis</i> (Sovereign) Lange-Bertalot	oh	b									
<i>microstriata</i> Marciniak	oh	b									
<i>oldenburgiana</i> Hustedt	oh	b	acf					nH	SWF		
aff. <i>oldenburgiana</i> Hustedt	b										
<i>parasitica</i> (W. Smith) Grunow in Van Heurck var. <i>parasitica</i>	oh i	b	alkf	am-eut	met	m		K	SWF		
<i>parasitica</i> var. <i>subconstricta</i> Grunow in Van Heurck	oh i	b	alkf		met	m		K	SWF		
<i>pinnata</i> Ehrenberg var. <i>pinnata</i>	oh i	b	alkf	tol	tol	m		K	SWF		
aff. <i>pinnata</i> Ehrenberg var. <i>pinnata</i>	oh i	b	alkf								
<i>polonica</i> Witak & Lange-Bertalot	oh	b									
<i>pseudococonstruens</i> Marciniak	oh	b			ot		na		SWF		
<i>pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Lange-Bertalot	mh	b	alkf	eut	et	m		K	ID7		
<i>robusta</i> (Fusey) Manguin	oh	b		ol-amt	omt		na		SWF		
<i>schulzii</i> Brockmann	mh	b	alkb			m		verbr	ID7		
<i>sopotensis</i> Witkowski & Lange-Bertalot	mh	b							ID7		
<i>ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	oh i	b	alkf	tol	tol	m		K	SWF		
<b><i>Frustulia</i> Rabenhorst 1853 nom. cons.</b>											
<i>creuzburgensis</i> (Krasske) Hustedt	mh	b	alkf		et	m		N.-/Ostsee	ID7	<i>Navicula creuzburgensis</i> Krasske	
<i>vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	oh i	b	alkf	eut	et	m		K	SWF		
<b><i>Geissleria</i> Lange-Bertalot &amp; Metzeltin 1996</b>											
<i>acceptata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin	oh	b						K?	ID2	<i>Navicula acceptata</i> Hustedt	

Tab. A1: Gesamtartenliste											
Geissleria Lange-Bertalot & Metzeltin 1996											
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym	
decussis (Østrup) Lange-Bertalot & Metzeltin var. decussis	oh	b	alkf	am-eut	met			K	ID2	Navicula decussis Østrup	
schoenfeldii Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin var.											
schoenfeldii	oh i	b	alkf	eut	et	m		K?	ID2	Navicula schoenfeldii Hustedt	
Glyphodesmis Greville 1862											
distans (Gregory) Grunow in Van Heurck	ph eh	b	ind		m			verbr	ID7		
williamsonii (W. Smith) Grunow in Van Heurck	ph eh	b	ind		m			Eu	ID7		
Gomphocymbella Müller 1905											
ancyli (Cleve) Hustedt	oh	b		ol-amt	omt				SWF	Cymbella ancyli Cleve	
Gomphonema Ehrenberg 1832 nom. cons.											
acuminatum Ehrenberg	oh	b	alkf	tol	tol	m		K	SWF		
angustum Agardh	oh	b	alkf			m		K	SWF		
aff. augur Ehrenberg		b									
										Gomphonema olivaceum var. minutissimum	
calcifugum Lange-Bertalot & Reichardt	oh	b	circ		m			K?	ID6	Hustedt	
aff. clavatum Ehrenberg		b									
dichotomum Kützing	oh	b	alkf		met				SWF		
hebridense Gregory	oh	b	circ	ol-amt	omt				SWF		
lateripunctatum Reichardt & Lange-Bertalot	oh	b	alkf	ol-bmt	omt				SWF		
micropus Kützing	oh	b	alkf	tol	tol			fossil	SWF		
minusculum Krasske	oh	b			met				ID3		
aff. minusculum Krasske		b									
olivaceum (Hornemann) Brébisson var. olivaceum	oh i	b	alkb	am-eut	met	m			SWF		
Gomphonema Ehrenberg 1832 nom. cons.											
olivaceum var. olivaceoides (Hustedt) Lange-Bertalot	oh i	b	circ	ol-amt	omt				BD27		
olivaceum var. aff. salinum Grunow		b									
parvulum (Kützing) Kützing	oh i	b	circ	tol	tol	m		K	SWF		
aff. parvulum (Kützing) Kützing		b									
procerum Reichardt & Lange-Bertalot	oh	b		ol-bmt	omt				SWF		
aff. procerum Reichardt & Lange-Bertalot		b									
pseudotenellum Lange-Bertalot	oh	b	alkf	ol-bmt	omt				SWF		
pumilum s. l. (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot	oh	b	alkb	am-eut	met			K	SWF		
aff. pumilum (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot		b									
subtile Ehrenberg	oh	b	circ	ol-amt	omt	m		K	SWF		
truncatum Ehrenberg	oh	b	alkf	tol	tol	m		K	SWF		

Tab. A1: Gesamtartenliste											
Gomphonema Ehrenberg 1832 nom. cons.											
S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym		
vibrio Ehrenberg											
Gomphonemopsis Medlin in Medlin & Round 1986											
oh	b	alkf	ol-bmt	omt				SWF			
mh	b	ind		m			K?	SWF	Gomphonema exiguum Kützing var. exiguum		
ph eh	b							ID7			
ph eh	b							ID7	Gomphonema littorale Hendey		
obscura (Krasske) Lange-Bertalot											
mh	b						verbr	ID7	Gomphonema obscurum Krasske, G. exiguum var. minutissimum Grunow in Van Heurck		
Gomphosphenia Lange-Bertalot 1995											
oh	b	circ		met	m		K	SWF	Gomphonema grovei var. lingulatum (Hustedt) Lange-Bertalot		
Grammatophora Ehrenberg 1840											
ph	b	ind		m				ID7			
ph	b						k	ID7			
mh	b	ind		m			K	ID7			
ph eh	b	ind		m			K	ID7			
mh	b	ind		m			K	ID7			
ph	b	ind					Eu	ID7			
ph	b						verbr?	ID7			
Gyrosigma Hassall 1845											
oh i	b	alkb	eut	et	m		K	SWF			
oh i	b	alkb		et	m		K	SWF			
oh i	b	alkf			m		K	SWF			
Hippodonta Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski,											
oh	b						fossil	ID4			
oh	b	alkf		et	m		K?	ID4	Navicula costulata Grunow in Cleve & Grunow		
oh	b							ID4			
oh	b						fossil	ID4			
Hippodonta Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski 1996											
mh	b						Atl	ID4			
oh hp	b	alkf		et	m		K	ID4	Navicula capitata var. hungarica (Grunow) Ross		
mh	b							ID4			
b											

Tab. A1: Gesamtartenliste										
S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym	
Hippodonta Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski 1996										
linearis (Østrup)	Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski	mh	b		et		Ostsee	ID7	Navicula capitata var. linearis Østrup	
lueneburgensis (Grunow)	Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski	oh	b	alkf	et	m	K	ID4	Navicula capitata var. lueneburgensis Grunow	
neglecta Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		oh	b				K?	ID4		
ruthnielseniae Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		oh	hp	b				ID4		
aff. ruthnielseniae Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		b								
subtilissima Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		oh	hp	b				ID4		
aff. umbilicatissima (Reichardt) Reichardt		b								
Hyalinella Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin 2000										
lateripunctata Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin		ph	eh	b			Ostsee	ID7		
Hyalodiscus Ehrenberg 1845										
scoticus (Kützing) Grunow		mh	b	ind	m		verbr	ID7		
Hyalosira Kützing 1844										
spp.		b								
Isthmia Agardh 1832										
nervosa Kützing		ph	b				K	Hu		
Luticola Mann 1990										
mutica var. mutica (Kützing) D. G. Mann in Round et al.		oh	hp	b	circ	ind	tol	m	SWF	Navicula mutica Kützing
Lyrella Karajeva 1978										
abrupta (Gregory) D. G. Mann in Round et al.		ph	b	ind	m		K	ID7	Navicula abrupta (Gregory) Donkin	
hennedyi (W. Smith) A. J. Stickle & D. G. Mann in Round et al.		ph	b	ind	h		K	ID7	Navicula hennedyi W. Smith	
lyra (Ehrenberg) Karayeva		ph	b	ind	h		K	ID7	Navicula lyra Ehrenberg	
sulcifera (Hustedt) Witkowski		ph	b				Ostsee	ID7	Navicula sulcifera Hustedt	
Mastogloia Thwaites in W. Smith 1856										
baltica Grunow		mh	b				K	ID7		
braunii Grunow		mh	b	alkf	m		verbr	ID7		
elliptica (Agardh) Cleve		mh	b	alkf	m			ID7		
exigua Lewis		mh	b	alkb	m		K	ID7		
grevillei W. Smith		oh	b	alkf			K?	SWF		
pumila (Grunow) Cleve		ph	b	ind	m		K	ID7		
pusilla (Grunow) Cleve var. pusilla		ph	b	ind	m		K	ID7		
Mastogloia Thwaites in W. Smith 1856										
smithii Thwaites		mh	b	alkf	m		K	ID7		

Tab. A1: Gesamtartenliste										
<i>Melosira</i> Agardh 1827 nom. cons.										
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym
<i>aff. dickei</i> (Thwaites) Kützing										
<i>lineata</i> (Dillwyn) Agardh	mh	bp	alkf		et	h		K	ID7	
<i>aff. lineata</i> (Dillwyn) Agardh										
<i>moniliformis</i> (O.F. Müller) Agardh var. <i>moniliformis</i>	mh	bp	ind			h		verbr	ID7	
<i>nummuloides</i> (Dillwyn) Agardh	mh	bp	ind			m		K	ID7	
<b><i>Navicula</i> Bory de St. Vincent 1822 s. str. et s. l. partim</b>										
<i>angusta</i> Grunow	oh hx	b	acf		ot	m		K	SWF	
<i>arkonensis</i> Lange-Bertalot	oh	b								
<i>brunelli</i> Poulin, Hudon & Cardinal	mh	b							ID7	
<i>cari</i> Ehrenberg	oh i	b	alkf	eut	et	m			SWF	
<i>caterva</i> Hohn & Hellermann	oh	b							SWF	
<i>cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard	oh hp	b	alkf	eut	et	m		K	ID7	
<i>aff. cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard		b								
<i>constans</i> Hustedt var. <i>constans</i>	oh	b		am-eut	met				SWF	
<i>constans</i> var. <i>symmetrica</i> Hustedt	oh	b							SWF	
<i>cryptocephala</i> Kützing	oh i	b	circ	eut	et	m		K	SWF	
<i>cryptofallax</i> Lange-Bertalot & Hofmann	oh	b		eut	et				BD27	
<i>cryptotenella</i> Lange-Bertalot	oh	b	alkf	tol	tol	m		K	BD27	
<i>aff. cryptotenella</i> Lange-Bertalot		b								
<i>cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot	oh	b						Eu	BD27	
<i>digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard	mh	b	alkf			h		K	ID7	
<i>aff. directa</i> (W. Smith) Ralfs in Pritchard		b								
<i>distans</i> (W. Smith) Ralfs in Pritchard	ph	b	ind			h		verbr	ID7	
<i>aff. distans</i> (W. Smith) Ralfs in Pritchard		b								
<i>erifuga</i> Lange-Bertalot	mh	b	alkf	eut	et	m		K	SWF	
<i>exigua</i> (Gregory) Grunow in Van Heurck var. <i>exigua</i>	oh	b	alkf	eut	et				SWF	
<i>exigua</i> var. <i>signata</i> Hustedt	oh	b						K	SWF	
<i>farta</i> Hustedt	oh	b							Hu	
<i>flanatica</i> Grunow	ph eh	b	ind			m			ID7	
<i>aff. flanatica</i> Grunow		b								
<i>fluens</i> Hustedt	oh	b							SWF	
<i>gemmifera</i> Simonsen	mh	b	ind			n		Ostsee	ID7	
<i>gottlandica</i> Grunow in Van Heurck	oh	b	alkb	ol-bmt	omt	m		K?	SWF	

Tab. A1: Gesamtartenliste												
Navicula Bory de St. Vincent 1822 s. str. et s. l. partim												
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym		
<i>gregaria</i> Donkin	oh hp	b	alkf	eut	et	m		K	SWF			
<i>hamulifera</i> Grunow	ph	b					w		Hu			
<i>heterovalvata</i> Simonsen	ph	b										
aff. <i>hustedtiana</i> Simonsen	b											
<i>jentzschii</i> Grunow	oh	b						Eu	SWF			
<i>lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	oh hp	b	alkf	eut	et	m	k	K	SWF			
<i>lenzii</i> Hustedt in A. Schmidt et al.	oh	b	alkf	ol-amt	omt				SWF			
<i>libonensis</i> Schoeman	oh	b	alkf	eut	et	m		K?	SWF			
<i>lundii</i> Reichardt	oh	b	alkf	et					SWF			
<i>menisculus</i> Schumann var. <i>menisculus</i>	oh hp	b	alkf	am-eut	met	m		K	SWF			
<i>menisculus</i> var. <i>grunowii</i> Lange-Bertalot	oh	b		met				Eu	BD27			
<i>menisculus</i> var. <i>upsaliensis</i> Grunow in Cleve & Grunow	oh hp	b	alkf					K	SWF			
<i>meniscus</i> Schumann	mh	b	alkf	et	et	m		K	ID7			
<i>microdigitoradiata</i> Lange-Bertalot	mh	b						Eu	BD27			
<i>minima</i> Grunow in Van Heurck	oh i	b	alkf	tol	tol	n		K	SWF			
aff. <i>minima</i> Grunow in Van Heurck	b											
aff. <i>minuscula</i> Grunow in Van Heurck	b											
<i>modica</i> Hustedt	oh	b	alkf						SWF			
aff. <i>modica</i> Hustedt	b											
<i>mollis</i> (W. Smith) Cleve	mh	b						K	ID7			
<i>oblonga</i> (Kützing) Kützing	oh hp	b	alkf	tol	tol	n		K	SWF			
<i>obtusangula</i> Hustedt ex Simonsen	ph	b							ID7			
<i>opportuna</i> Hustedt	oh	b		ot	ot			Eu	ID2	Navicula porifera var. opportuna (Hustedt) Lange-Bertalot & Krammer		
<i>oppugnata</i> Hustedt	oh i	b		am-eut	met			K?	SWF			
<i>ordinaria</i> Hustedt	mh	b	alkf			m		K	SWF			
<i>palpebralis</i> Brébisson ex W. Smith var. <i>palpebralis</i>	ph eh	b	ind			m			ID7			
aff. <i>palpebralis</i> Brébisson ex W. Smith (sp. nov.)	b											
<i>peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing	mh	b	alkf		et	h		K	SWF			
<i>perminuta</i> Grunow in Van Heurck non Østrup	mh	b	ind			m		K	ID7			
<i>phylleptosoma</i> Lange-Bertalot in Lange-Bertalot & Genkal	mh	b							ID7			
aff. <i>phylleptosoma</i> Lange-Bertalot in Lange-Bertalot & Genkal	b											
<i>platystoma</i> Ehrenberg	oh	b							SWF			



Tab. A1: Gesamtartenliste

Navicula Bory de St. Vincent 1822 s. str. et s. l. partim	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym
<i>porifera</i> Hustedt var. <i>porifera</i>	oh	b							SWF	
<i>praeterita</i> Hustedt	oh	b		ol-bmt	omt				SWF	
<i>protracta</i> (Grunow) Cleve	oh hp	b	alkf	eut	et	m		K	SWF	
aff. <i>protracta</i> var. <i>elliptica</i> Gallik	b									
<i>pseudoventralis</i> Hustedt	oh	b	alkf	tol	tol	n			SWF	
aff. <i>pseudoventralis</i> Hustedt	b									
<i>pusio</i> Cleve	oh hx	b			ot			K?	SWF	
<i>radiosa</i> Kützing	oh i	b	circ	tol	tol	m		K	SWF	
<i>recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	oh hp	b	alkf			m			SWF	
<i>reichardtiana</i> Lange-Bertalot var. <i>reichardtiana</i>	oh	b	alkf	am-eut	met				SWF	
<i>reichardtiana</i> var. <i>crassa</i> Lange-Bertalot & Hofmann	oh	b		am-eut	met				BD27	
<i>rhynchocephala</i> Kützing	oh i	b	alkf	tol	tol	m		K	SWF	
<i>rotunda</i> Hustedt	oh	b	alkf			m		Eu	SWF	
<i>salinarum</i> Grunow in Cleve & Grunow	mh	b	circ		et	m		K	ID7	
<i>schadei</i> Krasske	oh	b	circ	ol-bmt	omt				SWF	
sp. I	b									
sp. II	b									
<i>starmachiooides</i> (Witkowski & Lange-Bertalot) Witkowski & Lange-Bertalot	mh	b							ID7	
<i>subalpina</i> Reichardt	oh	b	alkb	ol-amt	omt					
aff. <i>subalpina</i> (neu) Reichardt	b									
<i>submuralis</i> Hustedt	oh	b							SWF	
aff. <i>submuralis</i> Hustedt	b									
<i>subplacentula</i> Hustedt in Schmidt et al.	oh	b						K?	SWF	
<i>syvertsenii</i> Witkowski, Metzeltin & Lange-Bertalot	ph eh	b							ID7	
<i>tripunctata</i> (O. F. Müller) Bory	oh	b	alkf	eut	et	m		K	SWF	
<i>trivialis</i> Lange-Bertalot	oh	b	alkf	eut	et	m		K	SWF	
<i>utermoehlii</i> Hustedt	oh i	b	alkf	am-eut	met	n			SWF	<i>Navicula subrotundata</i> Hustedt
aff. <i>utermoehlii</i> Hustedt	b									
<i>wasmundii</i> Witkowski, Metzeltin & Lange-Bertalot	ph eh	b							ID7	
<i>wiesneri</i> Lange-Bertalot	oh	b	alkf		tol			K?	BD27	
<i>witkowski</i> Lange-Bertalot, Iserentant & Metzeltin	ph	b						Eu	ID7	
<b>Navicula (<i>Fallacia</i>?)</b>										
<i>dissipata</i> Hustedt	mh	b	alkb						Hu	

Tab. A1: Gesamtartenliste												
Navicula (Fallacia?)												
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym		
aff. dissipata Hustedt												
b												
Naviculadicta Lange-Bertalot in Lange-Bertalot & Moser												
1994												
absoluta (Hustedt) Lange-Bertalot	oh	b	circ	ol-amt	omt	m		K?	SWF	Navicula absoluta	Hustedt	
circumborealis Lange-Bertalot	oh	b					na	Eu	BD29			
geisslerae (Jahn) Jahn	oh	b							ID2			
seminulum (Grunow) Lange-Bertalot	oh i	b	circ	sap	et	n		K	SWF			
sp. 1		b										
vitabunda (Hustedt) Lange-Bertalot	oh	b	alkf	tol	tol	m			SWF	Navicula vitabunda	Hustedt	
aff. vitabunda (Hustedt) Lange-Bertalot		b										
Neidium Pfitzer 1871												
ampliatum (Ehrenberg) Krammer	oh	b	circ	ol-bmt	omt	h		K	SWF			
binodeforme Krammer	oh	b			ot	m		K?	SWF			
dubium (Ehrenberg) Cleve	oh i	b	circ	am-eut	met			K	SWF			
Nitzschia Hassall 1845 nom. cons.												
acuminata (W. Smith) Grunow	ph eh	b	ind			h		K	ID7			
aequorea Hustedt	mh	b	ind			n		K	ID7			
agnita Hustedt	mh	b						K	ID7			
alpinobacillum Lange-Bertalot	oh	b			ot				BD27			
amphibia Grunow f. amphibia	oh i	b	alkf	eut	et	m		K	SWF			
angustata (W. Smith) Grunow in Cleve & Grunow	oh i	b	circ	tol	tol	m		K	SWF			
angustatula Lange-Bertalot	oh	b	alkf	am-eut	met				SWF			
bacillum Hustedt in A. Schmidt et al.	oh	b	alkf	ol-amt	omt			K?	BD27			
aff. blankaartensis Denys & Lange-Bertalot		b										
coarctata Grunow in Cleve & Möller	ph eh	b	ind			m		K	ID7			
compressa (Bailey) Boyer var. compressa	ph eh	b	ind			h		K	ID7			
compressa var. balatonis (Grunow) Lange-Bertalot	mh	b						K	SWF			
constricta (Kützing) Ralfs in Pritchard		b	ind	eut	et	m		K	ID7			
dealpina Lange-Bertalot & Hofmann	oh	b		ol-amt	omt				BD27			
dissipata (Kützing) Grunow var. dissipata	oh i	b	alkf	eut	et	m		K	SWF			
dubia W. Smith	oh hp	b	circ		et	m		K	SWF			
elegantula Grunow in Van Heurck	mh	b	alkf			m		K	ID7			
filiformis (W. Smith) Van Heurck var. filiformis	oh hp	b	alkf	eut	et	m		K	ID7			
filiformis var. conferta (Richter) Lange-Bertalot	oh hp	b			met			K	SWF			

Tab. A1: Gesamtartenliste											
Nitzschia Hassall 1845 nom. cons.											
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym	
<i>frustulum</i> (Kützing) Grunow in Cleve & Grunow	oh hp	b	alkf	eut	et	m		K	ID7		
<i>grossestriata</i> Hustedt	ph	b						Atl	ID7		
<i>hadriatica</i> Lange-Bertalot	ph	b							SWF	<i>Nitzschia liebethuthii</i> var. <i>major</i> Grunow	
<i>inconspicua</i> Grunow	oh hp	b	alkf	eut	et			K	SWF		
<i>laevis</i> Hustedt	ph	b	alkf		et	n		K	ID7		
<i>lanceola</i> var. <i>minutula</i> Grunow	ph	b							SWF		
<i>levidensis</i> (W. Smith) Grunow in Van Heurck var. <i>levidensis</i>	oh hp	b	alkf	eut	et	m		K	ID7		
<i>liebethuthii</i> Rabenhorst var. <i>liebethuthii</i>	mh	b		eut	et				SWF		
<i>littoralis</i> Grunow in Cleve & Grunow var. <i>littoralis</i>	mh	b	alkf		et	m		K	ID7		
<i>lorenziana</i> Grunow in Cleve & Grunow	mh	b						K	ID7		
<i>marginulata</i> Grunow in Cleve & Möller var. <i>marginulata</i>	ph	b						K	ID7		
<i>microcephala</i> Grunow in Cleve & Möller	oh hp	b	alkf	eut	et	n		K	SWF		
<i>navicularis</i> (Brébisson) Grunow in Cleve & Grunow	ph	b	ind			m		K	ID7		
<i>panduriformis</i> var. <i>delicatula</i> Grunow	ph	b									
<i>parastrotrata</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	ph	b							ID7		
<i>parvula</i> W. Smith	ph	b						K?	ID7		
<i>recta</i> Hantzsch in Rabenhorst	oh i	b	alkf	tol	tol	m		K	SWF		
<i>aff. recta</i> Hantzsch in Rabenhorst		b									
<i>rorida</i> Giffen	ph	b							ID7		
<i>sigma</i> (Kützing) W. Smith	mh	b	alkf		et	m		K	SWF		
<i>sinuata</i> var. <i>delignei</i> (Grunow) Lange-Bertalot	oh hp	b	alkf	am-eut	met	m		K	SWF		
<i>tryblionella</i> Hantzsch in Rabenhorst	mh	b	alkf	eut	et	h		K	ID7		
<i>valdestriata</i> Aleem & Hustedt	mh	b	alkf	am-eut	met			K	ID7		
<b>Odontella Agardh 1832</b>											
<i>aurita</i> (Lyngbye) Agardh	ph eh	bp	ind			m		K	ID7		
<b>Oestrupia Heiden</b>											
<i>zachariasii</i> (Reichelt) Hustedt	oh	b	alkf			m		nH	SWF		
<b>Opephora Petit 1888</b>											
<i>gemmata</i> (Grunow) Hustedt	ph	b							Hu		
cf. <i>gemmata</i> (Grunow) Hustedt		b									
<i>guenther-grassii</i> (Witkowski & Lange-Bertalot) Sabbe & Vyvermann	mh	b						N.-/Ostsee		<i>Fragilaria guenther-grassii</i> Witkowski & Lange-Bertalot	
<i>horstiana</i> Witkowski	mh	b						Ostsee	ID7		
<i>marina</i> (Gregory) Petit	ph eh	b	ind			m		Eu	ID7		

Tab. A1: Gesamtartenliste											
<b>Opephora Petit 1888</b>											
<i>mutabilis</i> (Grunow) Sabbe & Vyvermann	mh	b	ind		m		K		ID7		<i>Opephora olsenii</i> Möller
<i>pacifica</i> (Grunow) Petit	ph	eh	b	ind			verbr		ID7		
<i>parva</i> (Van Heurck) Krasske	mh	b	ind		m				BD28		
<i>aff. parva</i> (Van Heurck) Krasske		b									
<b>Paralia Heiberg 1863</b>											
<i>sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	ph	eh	bp	ind	h		K		ID7		
<b>Parlibellus Cox 1988</b>											
<i>berkeleyi</i> (Kützing) Cox	ph	b					Eu		ID7		
<i>delognei</i> (Van Heurck) Cox	ph	b	ind		m		verbr		ID7		
<i>pseudocomoides</i> (Hendey) Cox	ph	b	ind		m						
<b>Pauliella Round 1997</b>											
<i>taeniata</i> (Grunow) Round & Basson	ph	p	ind		n	k	arkt		ID7		<i>Achnanthes taeniata</i> Grunow in Cleve & Grunow
<b>Petrodictyon Mann in Round et al. 1990</b>											
<i>gemma</i> (Ehrenberg) D. G. Mann in Round et al.	mh	b	ind		n		K		ID7		<i>Surirella gemma</i> Ehrenberg
<b>Petroneis Stickle &amp; Mann 1990</b>											
<i>glacialis</i> (Cleve) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	ph	b				k	verbr		ID7		<i>Navicula glacialis</i> (Cleve) Grunow
<i>granulata</i> (Bailey) D. G. Mann in Round et al.	ph	b	ind		h				ID7		<i>Navicula granulata</i> Bailey
<i>humerosa</i> (Brébisson ex W. Smith) A. J. Stickle & D. G. Mann in Round et al.	mh	b	ind		m		K		ID7		<i>Navicula humerosa</i> Brébisson ex W. Smith
<i>marina</i> (Ralfs in Pritchard) D. G. Mann in Round et al.	mh	b	ind		m		Eu		ID7		<i>Navicula marina</i> Ralfs in Pritchard
<b>Pinnularia Ehrenberg 1843 nom. cons.</b>											
<i>brebissonii</i> (Kützing) Rabenhorst	oh	b			met				BD26		
<i>aff. marginotriata</i> Heiden in Schmidt et al.		b									
<i>clavicululus</i> (Gregory) Rabenhorst	ph	b					Eu		ID7		
<i>lundii</i> Hustedt var. <i>lundii</i>	oh	hp	b	acf	mt	m	K?		ID7		
<i>microstauron</i> var. <i>brebissonii</i> (Kützing) Mayer	oh	i	b	circ	tol	m	K		SWF		
<i>quadratarea</i> (A. Schmidt) Cleve var. <i>quadratarea</i>	ph	eh	b			k	Eu		ID7		
<i>viridiformis</i> Krammer	oh	b			met		K		BD26		
<b>Placoneis Mereschkowsky 1903</b>											
<i>clementioides</i> (Hustedt) E. J. Cox	oh	b	alkf		ot	m			SWF		<i>Navicula clementioides</i> Hustedt
<i>clementis</i> (Grunow) E. J. Cox	oh	i	b	alkf	am-eut	met	m		SWF		<i>Navicula clementis</i> Grunow
<i>aff. clementis</i> (Grunow) E. J. Cox		b									
<i>elginensis</i> (Gregory) E. J. Cox var. <i>elginensis</i>	oh	b	alkf	am-eut	met	m	K		SWF		<i>Navicula elginensis</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard

Tab. A1: Gesamtartenliste											
Placoneis Mereschkowsky 1903											
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym	
<i>gastrum</i> (Ehrenberg) Mereschkowsky var. <i>gastrum</i>	oh	b	alkf	eut	et	m		K	SWF	<i>Navicula gastrum</i> (Ehrenberg) Kützing var. <i>gastrum</i>	
<i>gastrum</i> var. <i>signata</i> Hustedt in A. Schmidt et al.	oh	b	alkf		et	m		K	SWF	<i>Navicula gastrum</i> var. <i>signata</i> Hustedt in Schmidt et al.	
<i>placentula</i> (Ehrenberg) Heinzerling	oh	b	alkf	am-eut	met	m		K	SWF	<i>Navicula placentula</i> (Ehrenberg) Kützing	
<i>pseudanglica</i> (Lange-Bertalot) E. J. Cox var. <i>pseudanglica</i>	oh	b	alkf	am-eut	met	m			SWF	<i>Navicula pseudanglica</i> Lange Bertalot var. <i>pseudanglica</i>	
<i>pseudanglica</i> var. <i>signata</i> (Hustedt) E. J. Cox	oh	b							SWF	<i>Navicula pseudanglica</i> var. <i>signata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	
<b>Plagiogramma Greville 1859</b>											
<i>staurophorum</i> (Gregory) Heiberg	ph	b	ind			h		K	ID7		
<b>Plagiogrammopsis Hasle, von Stosch &amp; Syvertsen 1983</b>											
<i>mediaequatus</i> Gardner & Crawford	ph	b	ind			h		Nordsee	ID7	<i>Plagiogramma leve</i> (Gregory) Ralfs	
<i>vanheurckii</i> (Grunow in Van Heurck) Hasle, von Stosch & Syvertsen	ph	b	ind			n		verbr	ID7	<i>Plagiogramma vanheurckii</i> Grunow in Van Heurck	
<b>Planothidium Round &amp; Bukhtiyarova 1996</b>											
<i>biporum</i> (Hohn & Hellermann) Lange-Bertalot	oh	hx	b					K?	ID6	<i>Achnanthes biporum</i> Hohn & Hellermann	
<i>delicatulum</i> (Kützing) Round & Bukhtiyarova	mh	b	alkb	eut	et	m		K	ID7	<i>Achnanthes delicatula</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>delicatula</i>	
<i>engelbrechtii</i> (Cholnoky) Round & Bukhtiyarova	mh	b	alkb	eut	et			K	ID7	<i>Ac. delicatula</i> ssp. <i>engelbrechtii</i> (Cholnoky) Lange-Bertalot	
aff. <i>engelbrechtii</i> (Cholnoky) Round & Bukhtiyarova		b									
<i>frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	oh	b	alkf		met			K	ID6	<i>Achnanthes lanceolata</i> ssp. <i>frequentissima</i> Lange-Bertalot	
aff. <i>granum</i> (Hohn & Hellermann) Lange-Bertalot		b									
<i>hauckianum</i> (Grunow in Cleve & Grunow) Round & Bukhtiyarova	mh	b	alkb		ot			K	ID7	<i>Ac. delicatula</i> ssp. <i>hauckiana</i> (Grunow) Lange-Bertalot	
<i>joursacense</i> (Héribaud) Lange-Bertalot	oh	b	alkf		omt	m		K?	ID6	<i>Achnanthes joursacense</i> Héribaud	
<i>lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	oh	i	b	alkf	tol	m		K	SWF	<i>Achnanthes lanceolata</i> ssp. <i>lanceolata</i> (Brébisson) Grunow	
<i>lilljeborgi</i> (Grunow) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	mh	b	ind			m			ID7	<i>Achnanthes lilljeborgii</i> Grunow	
<i>quarnerensis</i> (Grunow) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	ph	eh	b	ind		m		Eu	ID7	<i>Cocconeis quarnerensis</i> Grunow	
<i>rostratum</i> (Østrup) Lange-Bertalot	oh	i	b	alkf	et	m			ID6	<i>Ac. lanceolata</i> ssp. <i>rostrata</i> (Østrup) Lange-Bertalot	

Tab. A1: Gesamtartenliste												
Planothidium Round & Bukhtiyarova 1996												
septentrionalis (Østrup) Round & Bukhtiyarova	mh	b	alkb			K					ID7	Ac. delicatula ssp. septentrionalis (Østrup) Lange-Bertalot
<b>Pleurosigma W. Smith 1852</b>												
aff. normannii Ralfs	mh	b										
spp.		b										
<b>Podosira Ehrenberg 1840</b>												
stelliger (Bailey) Mann	ph	bp	ind			h	K				Hu	
<b>Pravifusus Witkowski, Lange-Bertalot &amp; Metzeltin 2000</b>												
hyalinus Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	ph	b						N.-/Ostsee			ID7	
<b>Psammodiscus Round &amp; Mann 1980</b>												
nitidus (Gregory) Round & Mann	ph	b	ind			m	K				ID7	
<b>Psammothidium</b>												
rosenstockii (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	oh	hx	b	alkf	ol-bmt	omt	nH				ID6	Achnanthes rosenstockii Lange-Bertalot
<b>Pseudosolenia Sundström 1986</b>												
calcaravis (M. Schultze) Sundström	ph	p	ind				w	K			Hu	
<b>Reimeria Kociolek &amp; Stoermer 1987</b>												
sinuata (Gregory) Kociolek & Stoermer	oh	i	b	circ	tol	m	K?				SWF	Cymbella sinuata Gregory
<b>Rhabdonema Kützing 1844 nom. cons.</b>												
adriaticum Kützing	ph	b	ind			h	K				ID7	
arcuatum (Lyngbye?; Agardh) Kützing var. arcuatum	ph	b	ind			h	w	verbr			ID7	
<b>Rhabdonema Kützing 1844 nom. cons.</b>												
arcuatum var. robusta (Grunow) Hustedt	ph	b						verbr			ID7	
minutum Kützing	ph	b	ind			h	k	verbr			ID7	
<b>Rhaphoneis Ehrenberg 1844</b>												
amphiceros (Ehrenberg) Ehrenberg	ph	b	ind			m		verbr			ID7	
<b>Rhizosolenia Brightwell 1858</b>												
hebetata (Bailey) Gran	ph	p	ind			m	K				Hu	
spp.	ph?	p										
<b>Rhoicosphenia Grunow 1860</b>												
abbreviata (C. Agardh) Lange-Bertalot	oh	i	b	alkf	eut	et	m	K			ID7	Rhoicosphenia curvata (Kützing) Grunow ex Rabenhorst
linearis Østrup	mh	b									ID7	
marina (W. Smith) M. Schmidt	ph	b	ind			m	Eu				ID7	Rhoicosphenia curvata var. marina Grunow

Tab. A1: Gesamtartenliste											
Rhopalodia Müller 1895											
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym	
acuminata Krammer in Lange-Bertalot & Krammer	oh	b	alkb		et	m		N.-/Ostsee	ID7		
brebissonii Krammer	oh hp	b	alkf			m		N.-/Ostsee	ID7		
gibba (Ehrenberg) O. Müller var. gibba	oh i	b	alkb	eut	et	m		K	SWF		
musculus (Kützing) O. Müller	mh	b	alkf					K	ID7		
Sellaphora Mereschkowsky 1902											
bacillum (Ehrenberg) D. G. Mann	oh i	b	alkf	am-eut	met	m		K	SWF	Navicula bacillum Ehrenberg	
mutata (Krasske) Lange-Bertalot	oh i	b	circ	tol	tol	m			SWF	Navicula pupula var. mutata (Krasske) Hustedt	
pupula (Kützing) Mereschkowsky	oh i	b	circ	tol	tol	m		K	SWF	Navicula pupula Kützing var. pupula	
verecundiae Lange-Bertalot	oh	b							BD29		
Stauroneis Ehrenberg 1843											
koeltzii Metzeltin, Witkowski & Lange-Bertalot	oh	b							ID4		
phoenicenteron (Nitzsch) Ehrenberg	oh i	b	circ	tol	tol	h		K	SWF		
smithii Grunow var. smithii	oh i	b	alkf	am-eut	met	m		K	SWF		
smithii var. borgii (Manguin) Hustedt	oh	b						K	Hu		
smithii var. sagitta (Cleve) Hustedt	oh	b							SWF		
Staurosira (Ehrenberg) Williams & Round 1987											
punctiformis Witkowski, Metzeltin & Lange-Bertalot	mh	b							ID7	Fragilaria punctiformis (Manuskript-Name) Witkowski & Metzeltin	
Stenoneis Cleve 1894											
inconspicua (Gregory) Cleve	ph	b							Hu		
Stephanocostis Genkal & Kuzmin 1985											
chantaicus Genkal & Kuzmin	oh	p			omt			K?	SWF		
Stephanodiscus Ehrenberg 1845											
alpinus Hustedt in Huber-Pestalozzi	oh	p			ot		k	K	SWF		
hantzschii Grunow in Cleve & Grunow	oh	p	alkb		et		n	K	SWF		
medius Håkansson	oh	p							SWF		
minutulus (Kützing) Cleve & Möller	oh	p	alkb		et			K	SWF		
neoastraea Håkansson & Hickel	oh	p	alkb		et			K	SWF		
parvus Stoermer & Håkansson	oh	p	alkb		et			fossil	SWF		
rotula (Kützing) Hendey		p			et	m		Eu	SWF		
Surirella Turpin 1828											
bifrons Ehrenberg	oh i	b	alkf					K	SWF		
aff. bifrons Ehrenberg		b									
brebissonii var. kuetzingii Krammer & Lange-Bertalot	hp	b	alkf		et	m		K	SWF		

Tab. A1: Gesamtartenliste										
	S	H	pH	T1	T2	KoP	T	V	F	Basionym/Synonym
<b>Surirella Turpin 1828</b>										
<i>crumena</i> Brébisson ex Kützing	mh	b	alkf		et	m		N.-/Ostsee	ID7	
<i>subsalsa</i> W. Smith	mh	b	ind						SWF	
<b>Synedra Ehrenberg 1830</b>										
<i>gaillonii</i> (Bory) Ehrenberg	ph	b	ind			m		K?	ID7	
<b>Tabellaria Ehrenberg 1840</b>										
<i>flocculosa</i> (Roth) Kützing	oh	bp	acf	tol	tol	m		K	SWF	
<b>Terpsinoë Ehrenberg 1843</b>										
<i>americana</i> (Bailey) Ralfs in Pritchard	mh	b				h			ID7	
<b>Thalassionema Grunow ex Hustedt 1932</b>										
<i>nitzschoides</i> Grunow	ph	p	ind			m			Hu	
<b>Thalassiosira Cleve 1873</b>										
<i>angulata</i> (Gregory) Hasle	ph	p						nH	BD28	
<i>baltica</i> (Grunow) Ostenfeld	mh	p				m	k	arkt	BD28	
<i>decipiens</i> (Grunow) Jørgensen	ph	p				m		Eu	Hu	
<i>excentrica</i> (Ehrenberg) Cleve	mh	p				m			BD28	
aff. <i>hyperborea</i> var. <i>lacunosa</i> (Berg) Hasle										
<i>levanderi</i> Van Goor	mh	p			et	n				
<i>nordenskiöldii</i> Cleve	ph	p				n	k		SWF	
<i>oestrupii</i> (Ostenfeld) Hasle	mh	p				m			BD28	
aff. <i>oestrupii</i> (Ostenfeld) Hasle										
<i>proschkinae</i> Makarova in Makarova, Genkal & Kuzmin	mh	bp						Eu	SWF	
<b>Toxarium Bailey 1854</b>										
<i>undulatum</i> Bailey	ph	b	ind			m		K	ID7	<i>Synedra undulata</i> (Bailey) Gregory
<b>Trachyneis Cleve 1894</b>										
<i>aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	ph	b	ind			h		K	ID7	
<b>Trachysphenia Petit in Folin &amp; Perier 1877</b>										
<i>australis</i> Petit var. <i>australis</i>	ph	b	ind			m		K	ID7	



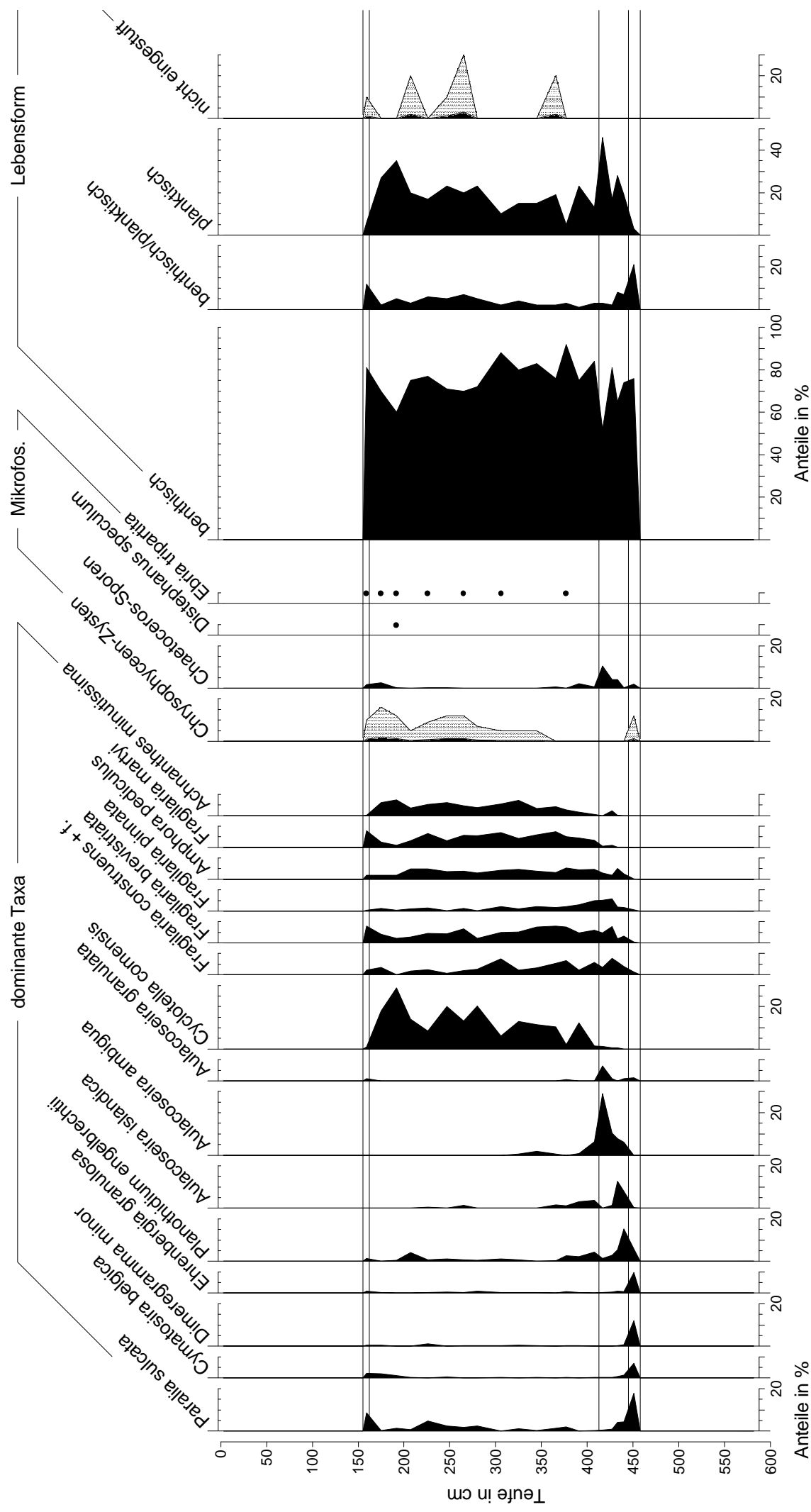
**Abb. A1-A:** Kernprofil 572002

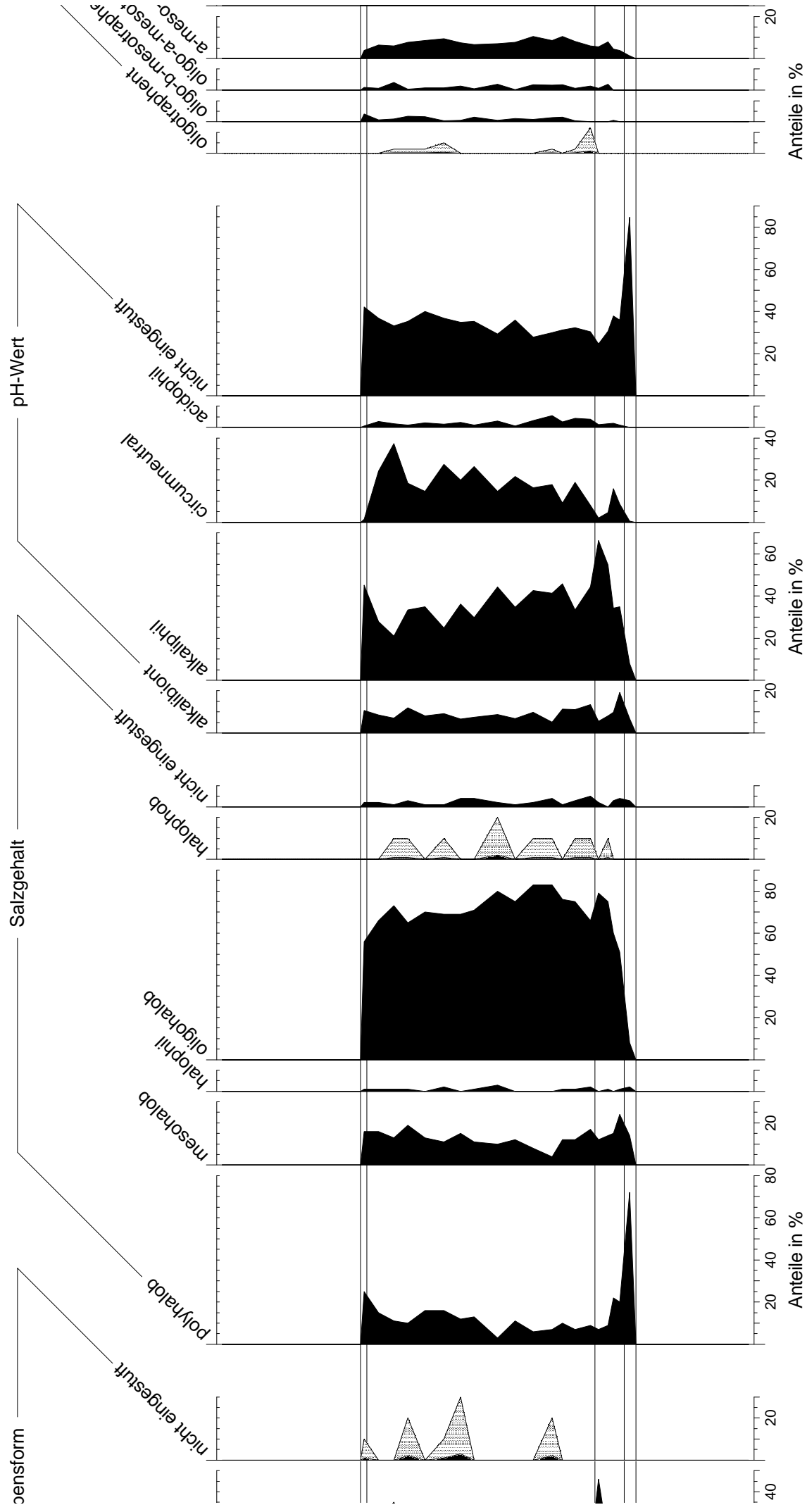
Kattegat

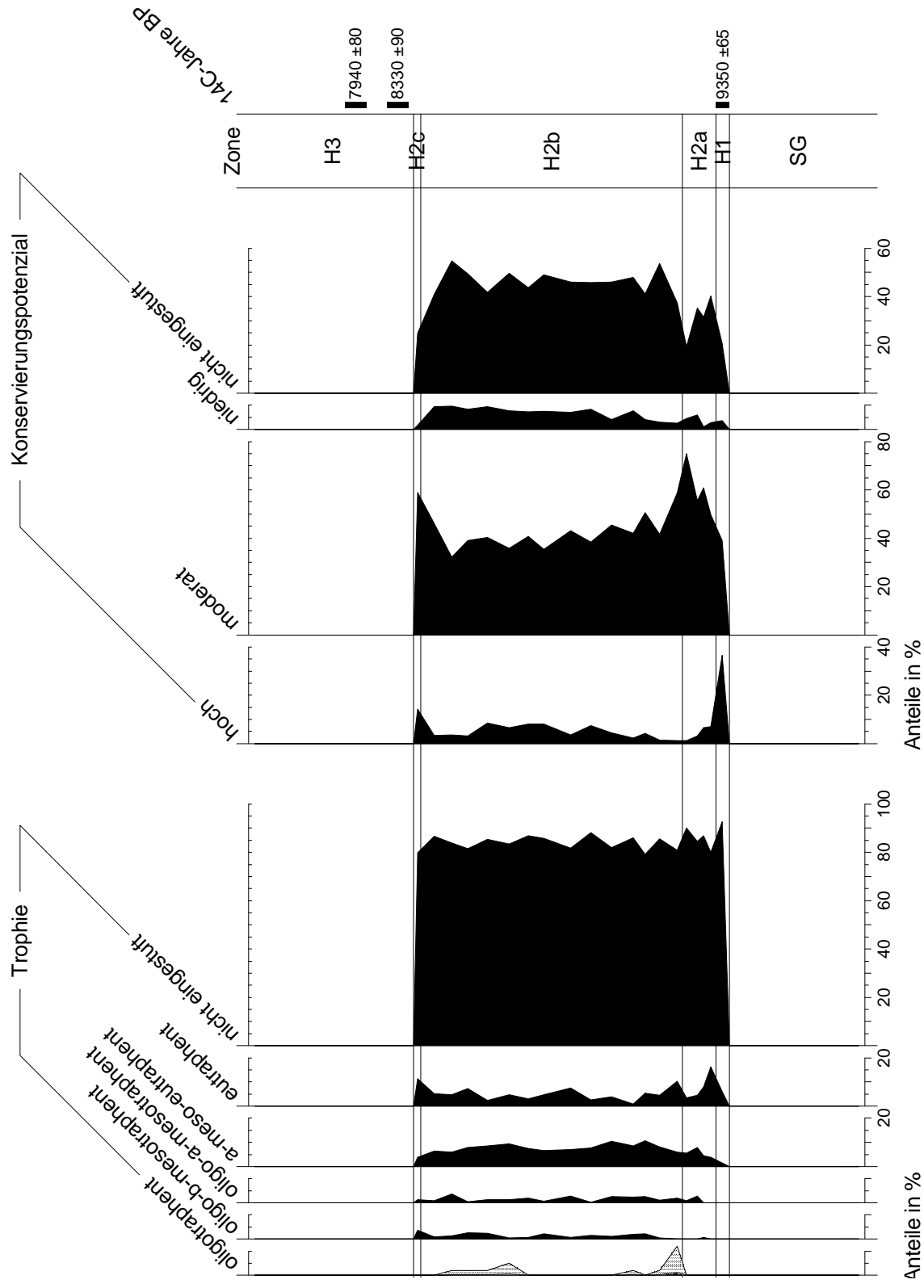
Position: 6252194,00 N - 661973,00 O

Wassertiefe: 21,8 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt. Die Angabe der Häufigkeiten von Chrysophyceen-Zysten bzw. *Chaetoceros*-Sporen erfolgt in Zy/D100 bzw. Sp/D100. Der Nachweis der Silicoflagellaten *Distephanus speculum* und *Ebria tripartita* erfolgt qualitativ; ihre Präsenz wird notiert. Die Altersangabe erfolgt in reservoirkorrigierten <sup>14</sup>C-Jahren BP. Es bedeuten SG: Spätglazial, H: Holozän.







159	175	192	207	226	247	265	280	306	325	345	366	377	391	408	417	427	433	440	451
159																			
175	39																		
192	34	57																	
207	36	54	56																
226	44	57	49	61															
247	39	58	58	57	57														
265	41	52	52	62	61	60													
280	42	56	56	59	56	61	59												
306	39	47	45	56	61	55	60	53											
325	37	55	53	64	63	62	64	61	65										
345	37	46	43	54	54	53	60	54	64	65									
366	38	45	44	50	57	54	61	53	63	59	65								
377	38	33	35	48	49	49	54	45	64	53	59	59							
391	30	42	41	52	54	53	55	49	56	58	62	60	56						
408	34	31	28	42	42	39	43	35	48	42	46	46	55	56					
417	25	31	26	32	36	29	35	26	35	32	32	33	35	37	43				
427	33	32	31	35	40	36	41	35	46	40	44	48	56	48	58	52			
433	33	29	29	38	38	31	32	32	34	34	33	34	43	38	54	38	49		
440	34	25	25	34	32	26	32	29	31	31	30	38	34	48	34	47	64		
451	29	18	16	19	21	17	18	17	13	16	11	13	19	14	17	14	18	28	34

**Abb. A1-B:** Ähnlichkeitsmatrix des Bohrkerns 572002

Die Angabe der Dominanz-Identität erfolgt in %. Es bedeuten 0-39 %: keine bis geringe Ähnlichkeit, 40-49 %: mittlere Ähnlichkeit 50-59 %: Ähnlichkeit, 60-69 %: große Ähnlichkeit, 70-90 %: sehr große Ähnlichkeit.

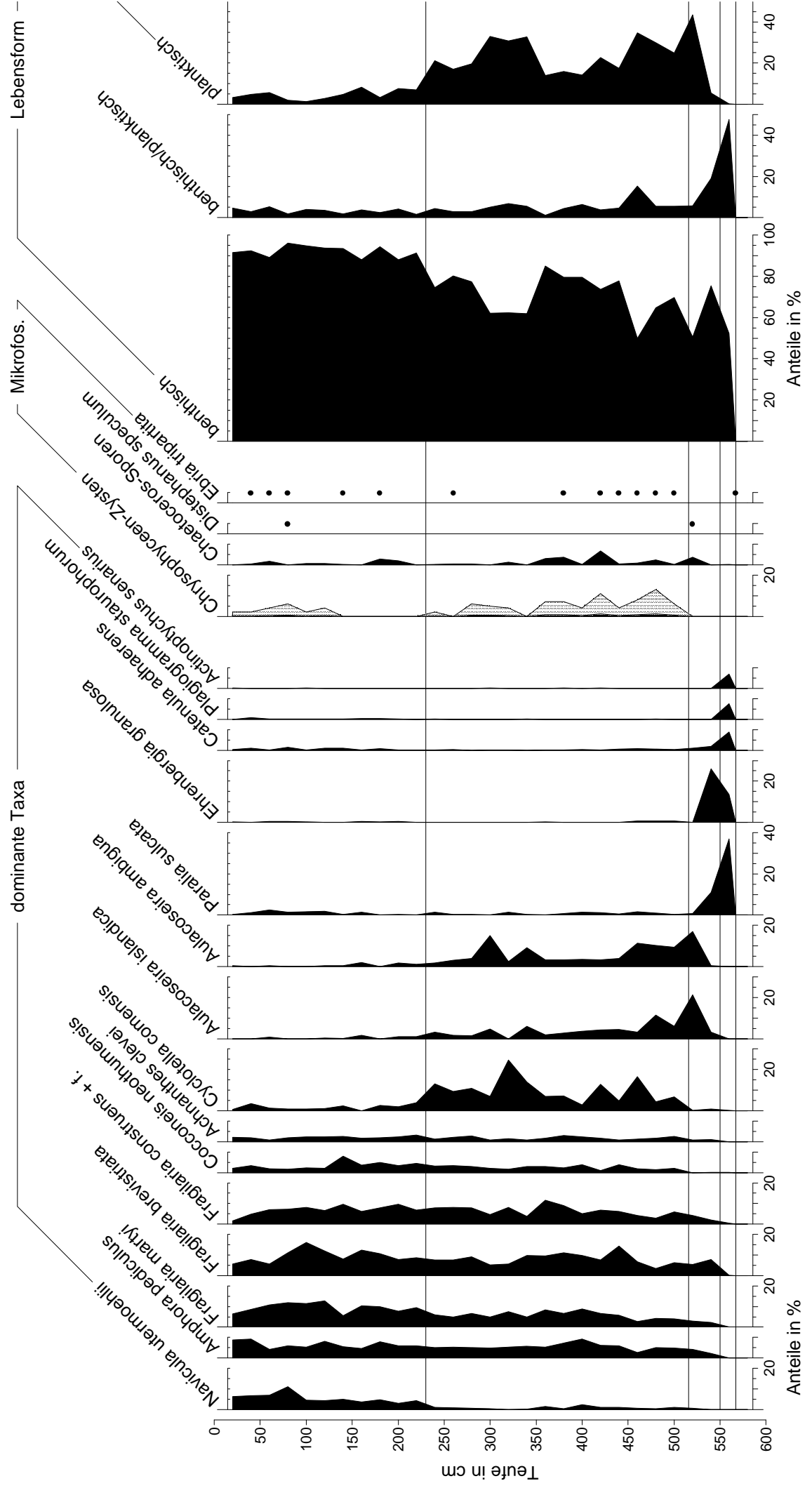
**Abb. A2-A:** Kernprofil 572011

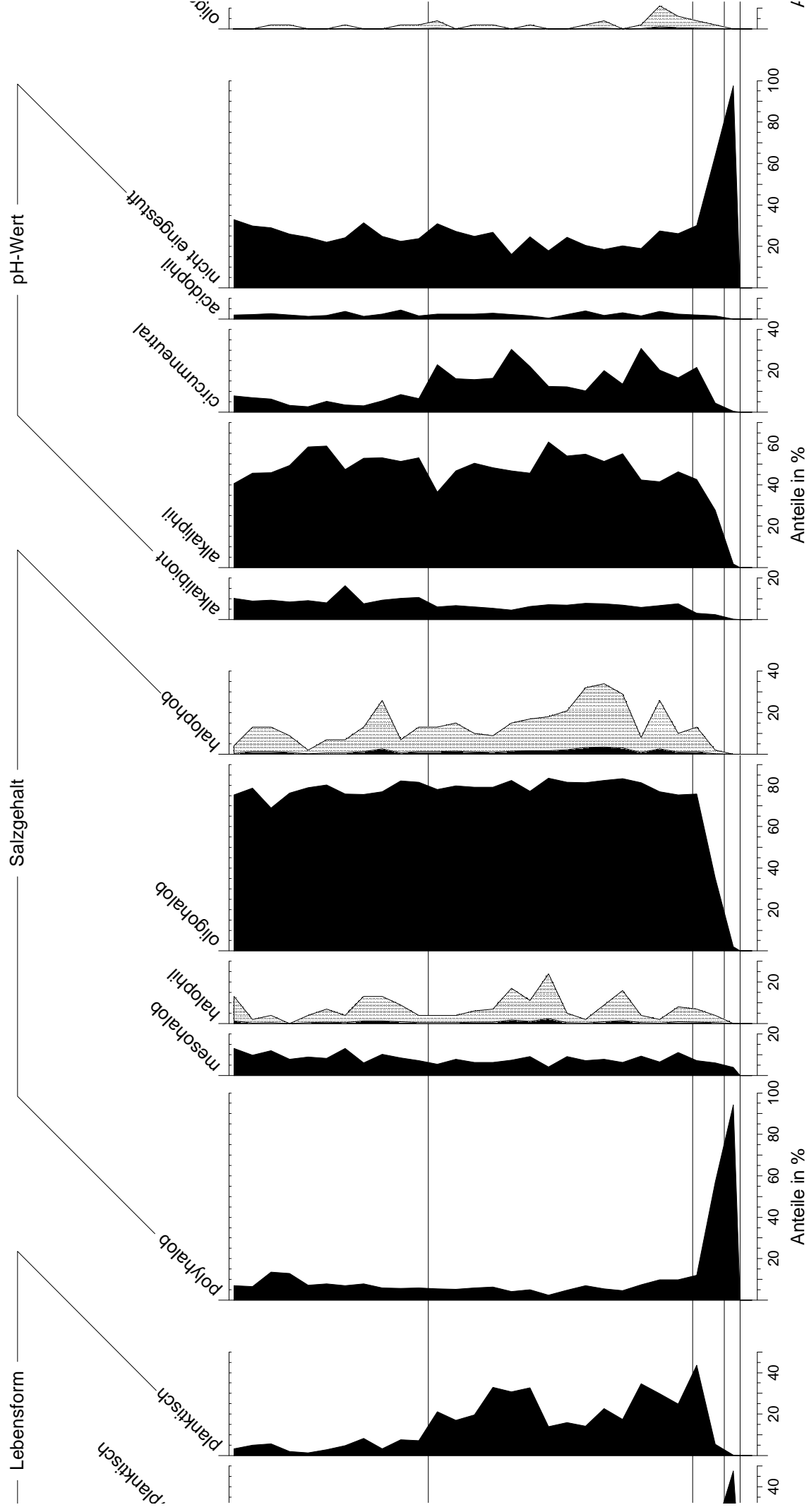
Kattegat

Position: 56°27.441 N - 11°39.360 O

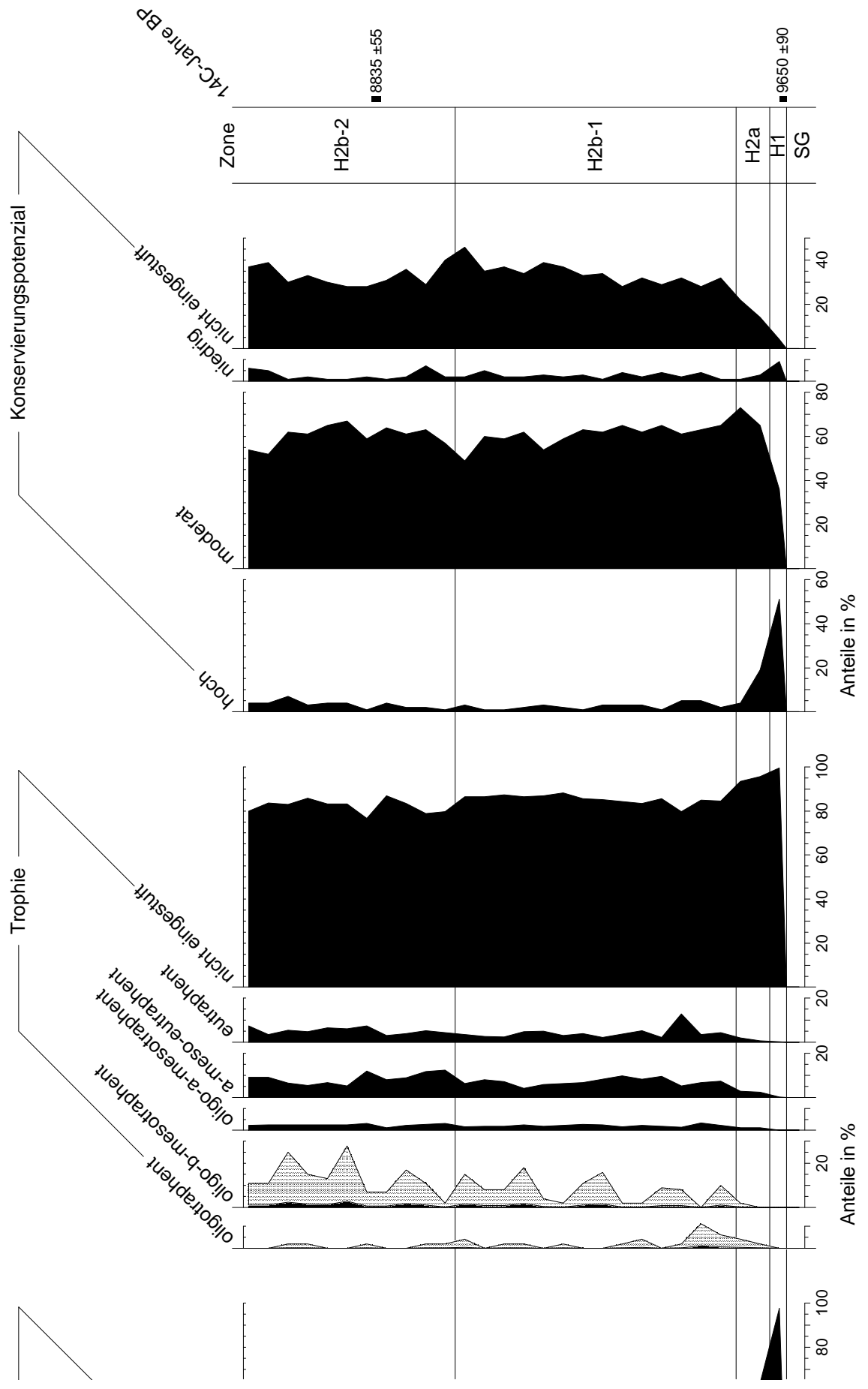
Wassertiefe: 27,9 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt. Die Angabe der Häufigkeiten von Chrysophyceen-Zysten bzw. *Chaetoceros*-Sporen erfolgt in Zy/D100 bzw. Sp/D100. Der Nachweis der Silicoflagellaten *Distephanus speculum* und *Ebria tripartita* erfolgt qualitativ; ihre Präsenz wird notiert. Die Altersangabe erfolgt in reservoirkorrigierten <sup>14</sup>C-Jahren BP. Es bedeuten SG: Spätglazial, H: Holozän.











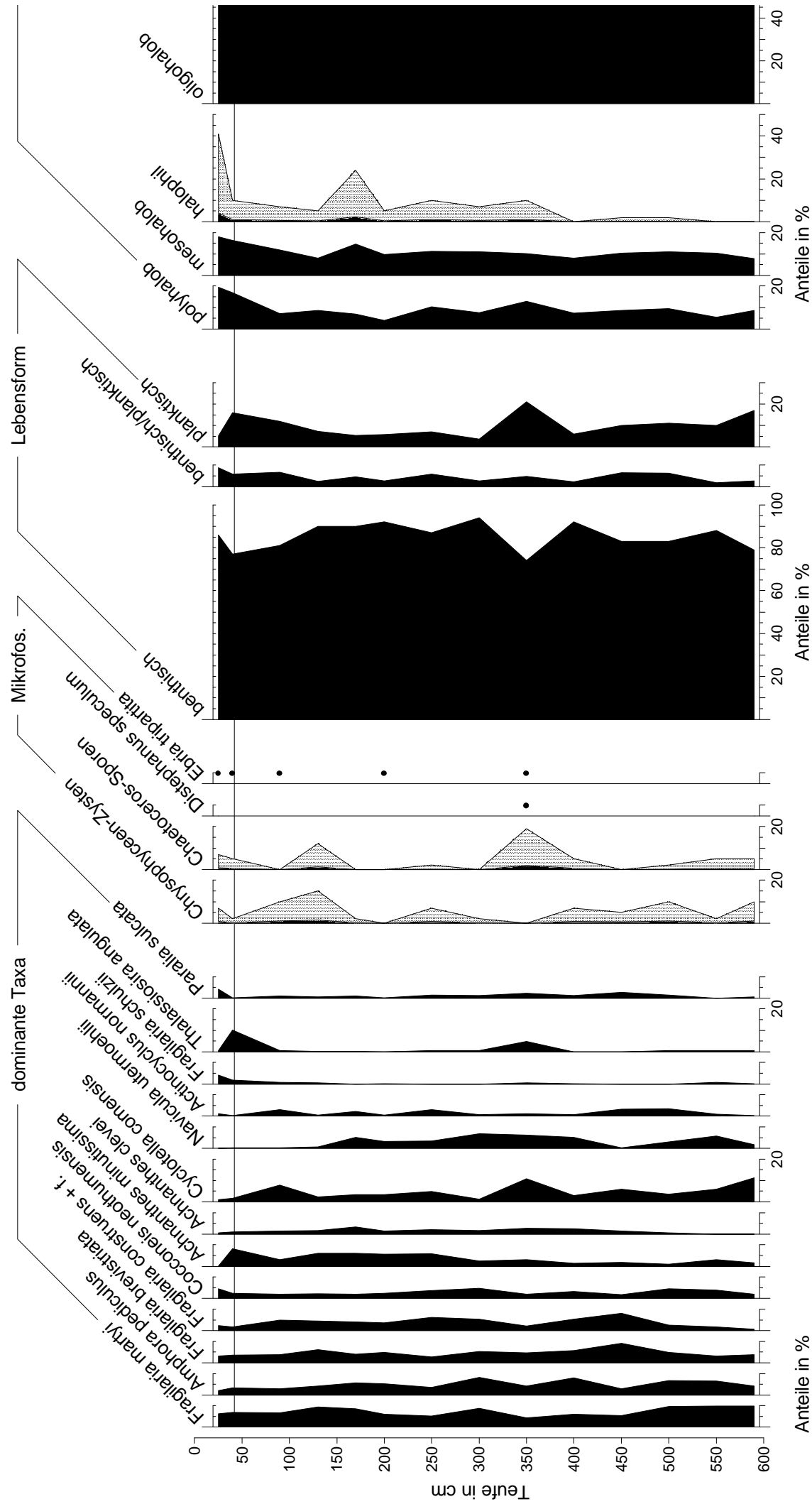
**Abb. A3-A:** Kernprofil 572012

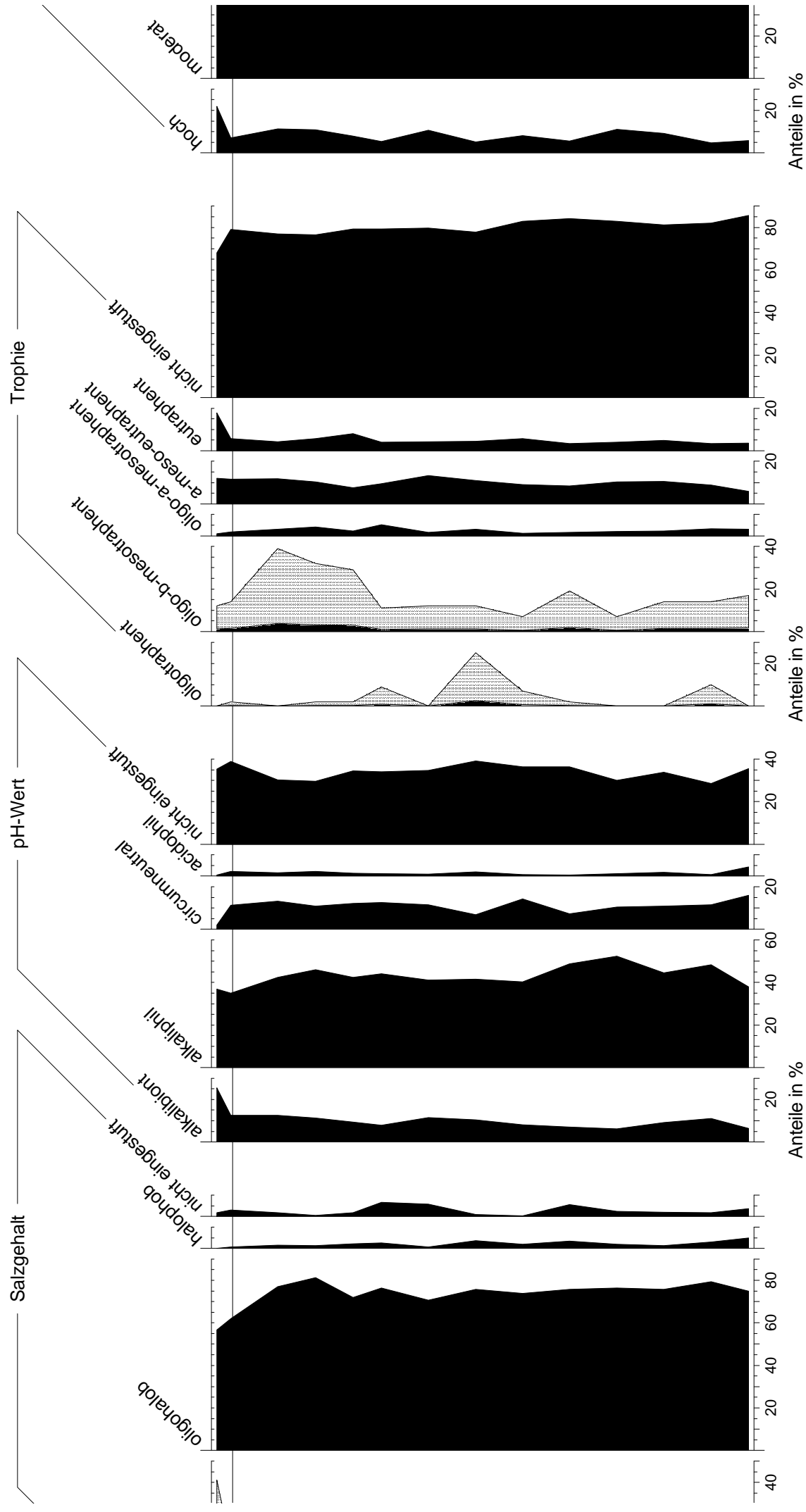
Kattegat

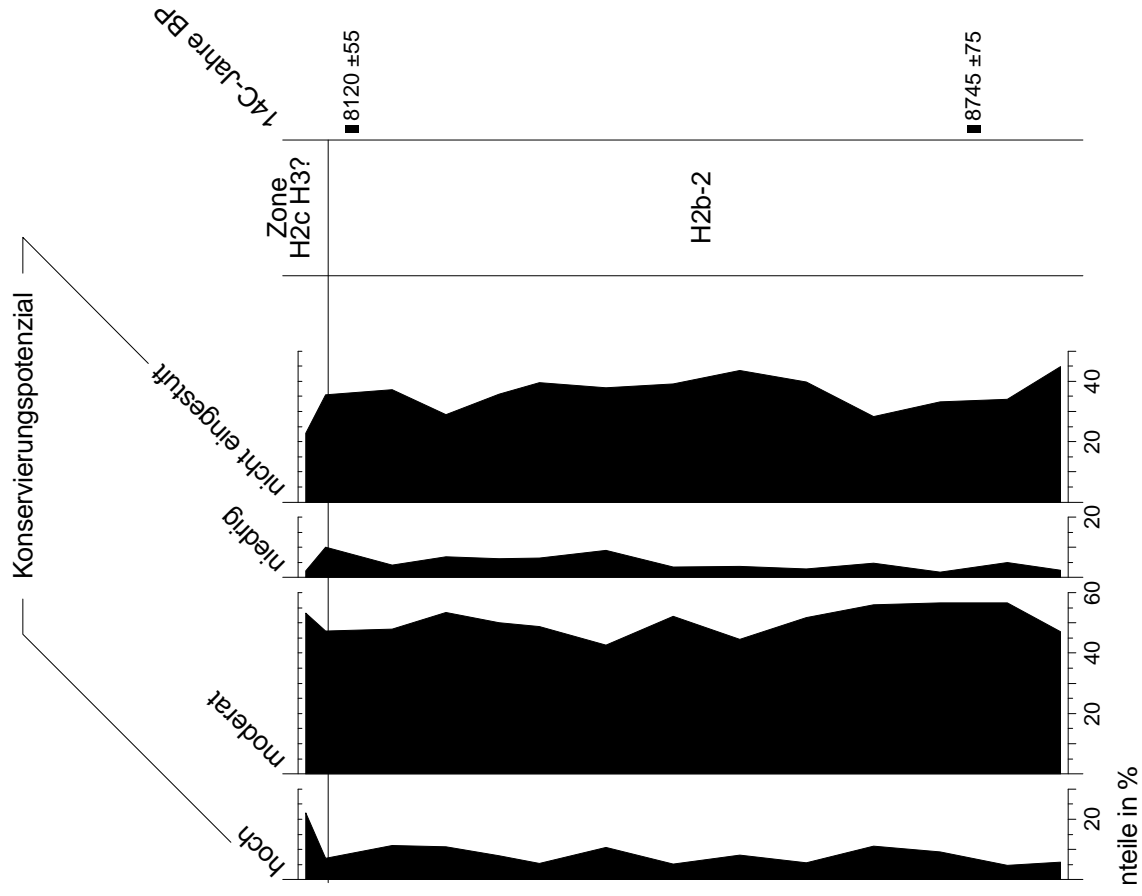
Position: 56°27.402 N - 11°40.023 O

Wassertiefe: 28,1 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt. Die Angabe der Häufigkeiten von Chrysophyceen-Zysten bzw. *Chaetoceros*-Sporen erfolgt in Zy/D100 bzw. Sp/D100. Der Nachweis der Silicoflagellaten *Distephanus speculum* und *Ebria tripartita* erfolgt qualitativ; ihre Präsenz wird notiert. Die Altersangabe erfolgt in reservoirkorrigierten <sup>14</sup>C-Jahren BP. Es bedeutet H: Holozän.







	25	40	90	130	170	200	250	300	350	400	450	500	550	590
25														
40	46													
90	46	54												
130	46	55	63											
170	43	50	59	62										
200	38	50	59	60	65									
250	45	51	61	57	62	64								
300	44	46	51	57	61	55	56							
350	37	46	56	50	56	53	56	53						
400	44	43	52	52	61	61	64	64	54					
450	38	41	56	52	54	51	57	51	54	58				
500	44	43	57	58	64	55	56	62	54	61	57			
550	41	43	55	53	65	58	55	59	57	58	51	62		
590	35	41	53	52	55	49	52	54	53	52	58	62	58	

**Abb. A3-B:** Ähnlichkeitsmatrix des Bohrkerns 572012

Die Angabe der Dominanz-Identität erfolgt in %. Es bedeuten 0-39 %: keine bis geringe Ähnlichkeit, 40-49 %: mittlere Ähnlichkeit 50-59 %: Ähnlichkeit, 60-69 %: große Ähnlichkeit, 70-90 %: sehr große Ähnlichkeit.

**Abb. A4-A:** Kernprofil 572013

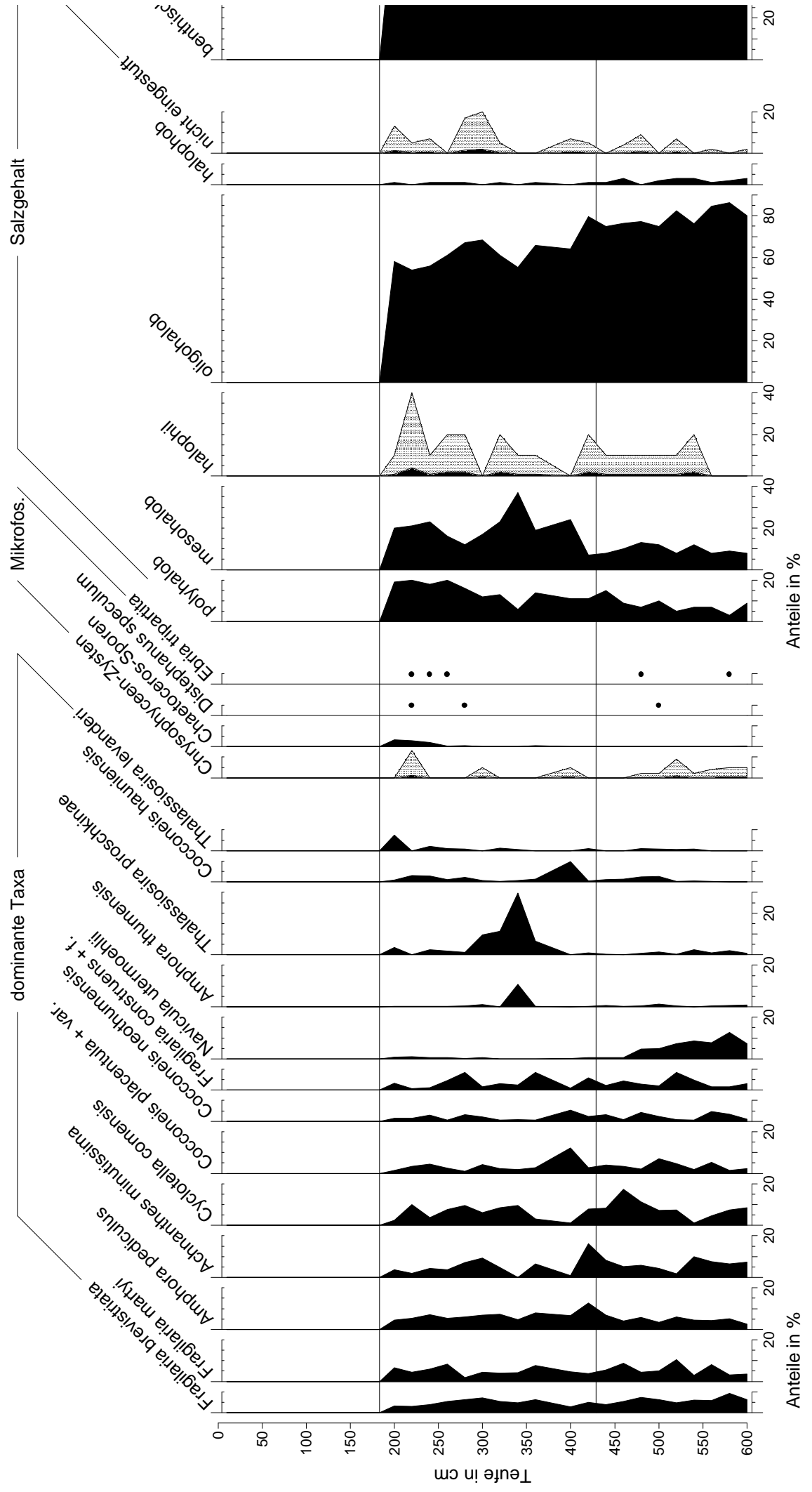
Kattegat

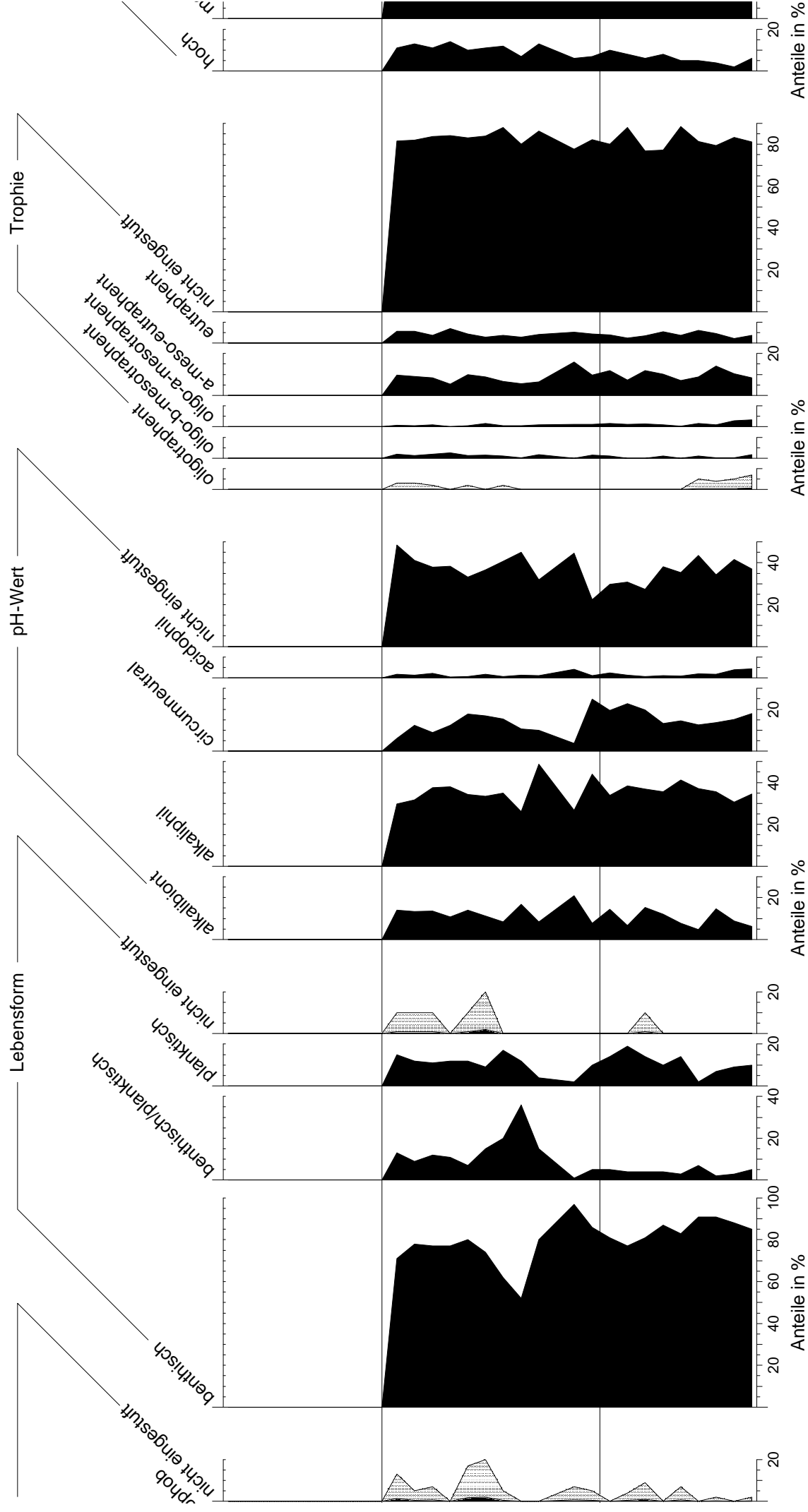
Position: 56°27.541 N - 11°40.047 O

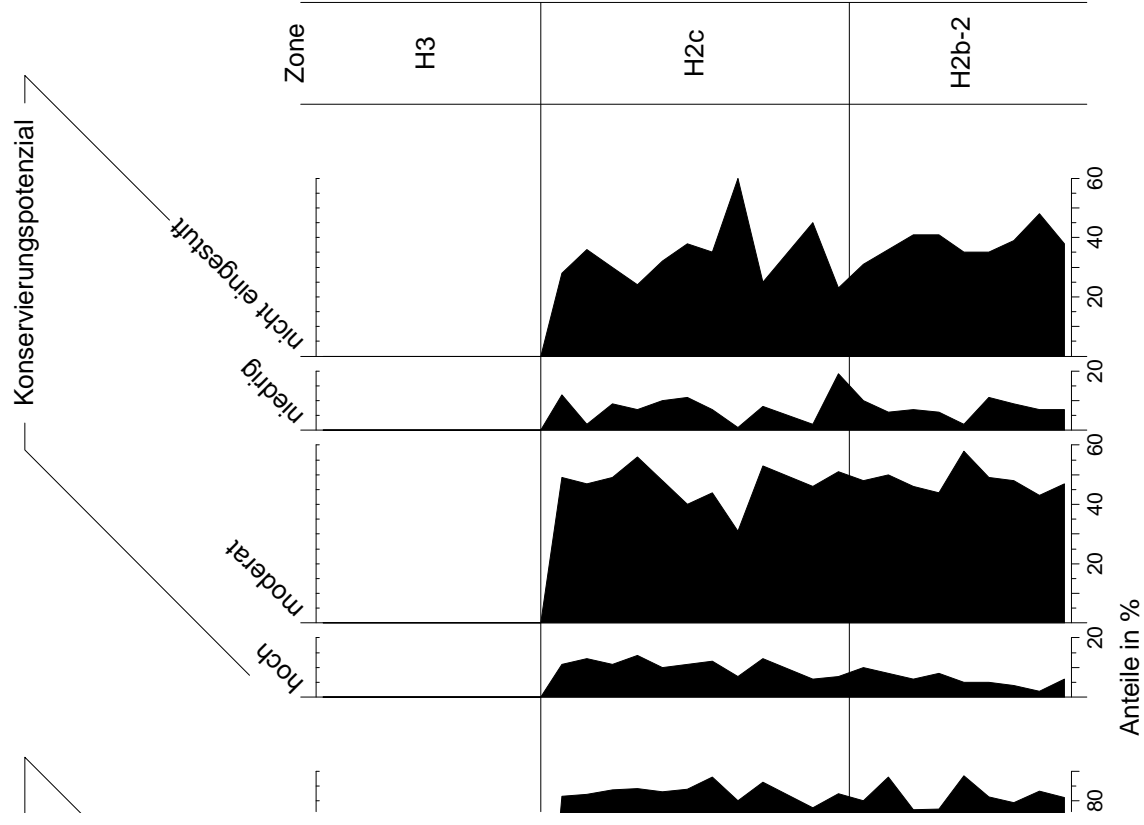
Wassertiefe: 28,5 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt. Die Angabe der Häufigkeiten von Chrysophyceen-Zysten bzw. *Chaetoceros*-Sporen erfolgt in Zy/D100 bzw. Sp/D100. Der Nachweis der Silicoflagellaten *Distephanus speculum* und *Ebria tripartita* erfolgt qualitativ; ihre Präsenz wird notiert. Es bedeutet H: Holozän.











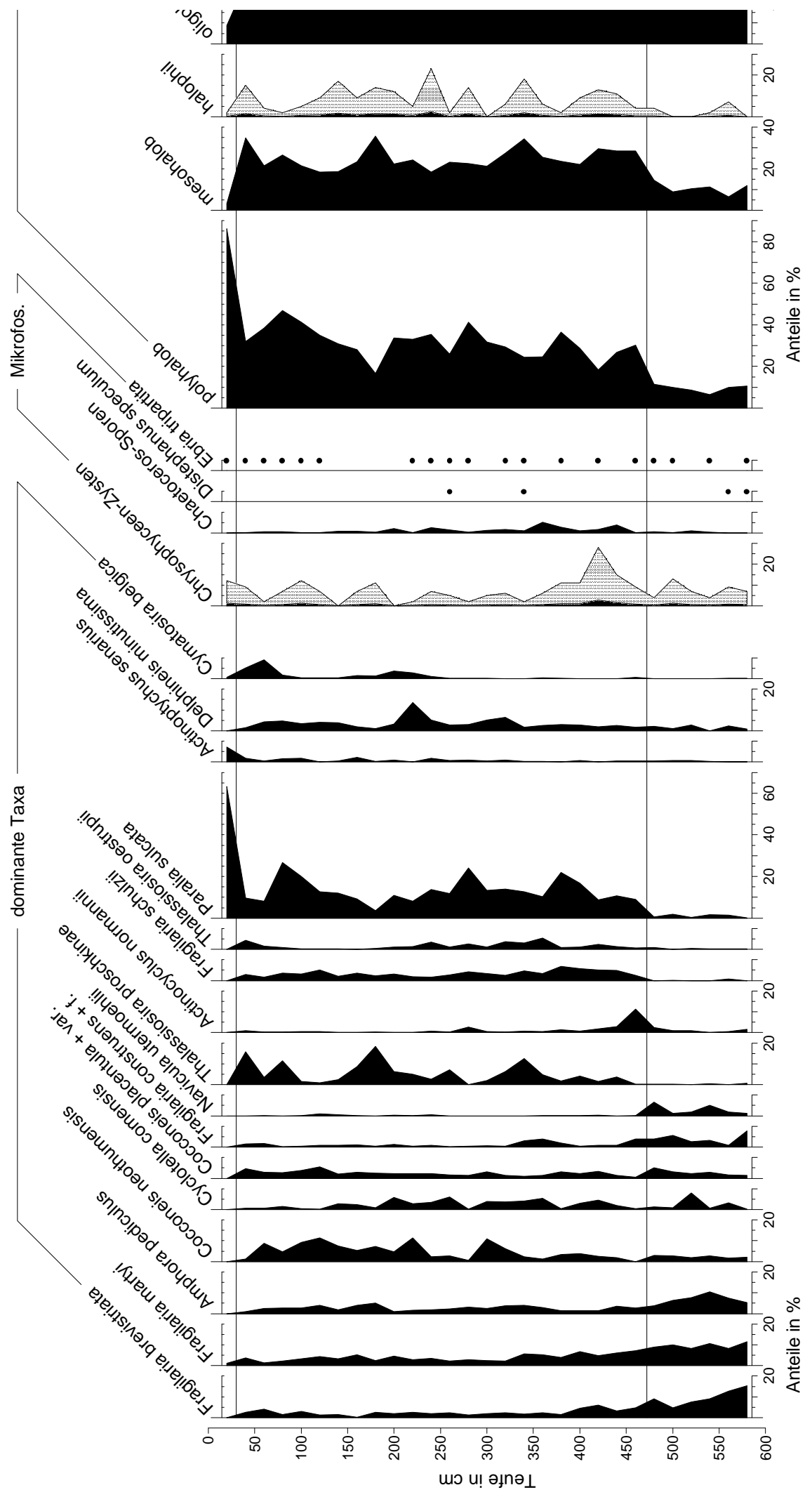
**Abb. A5-A:** Kernprofil 572015

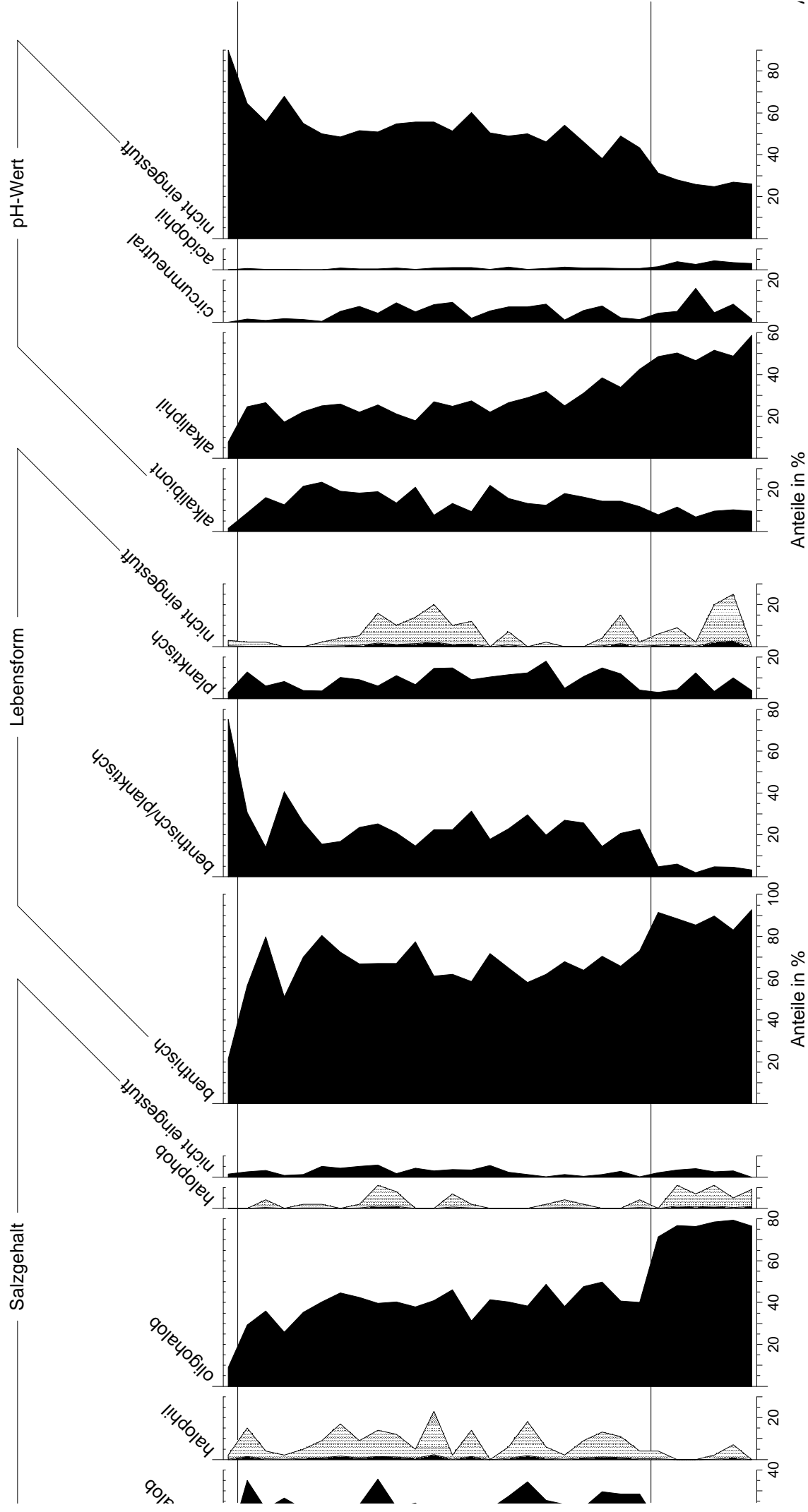
Kattegat

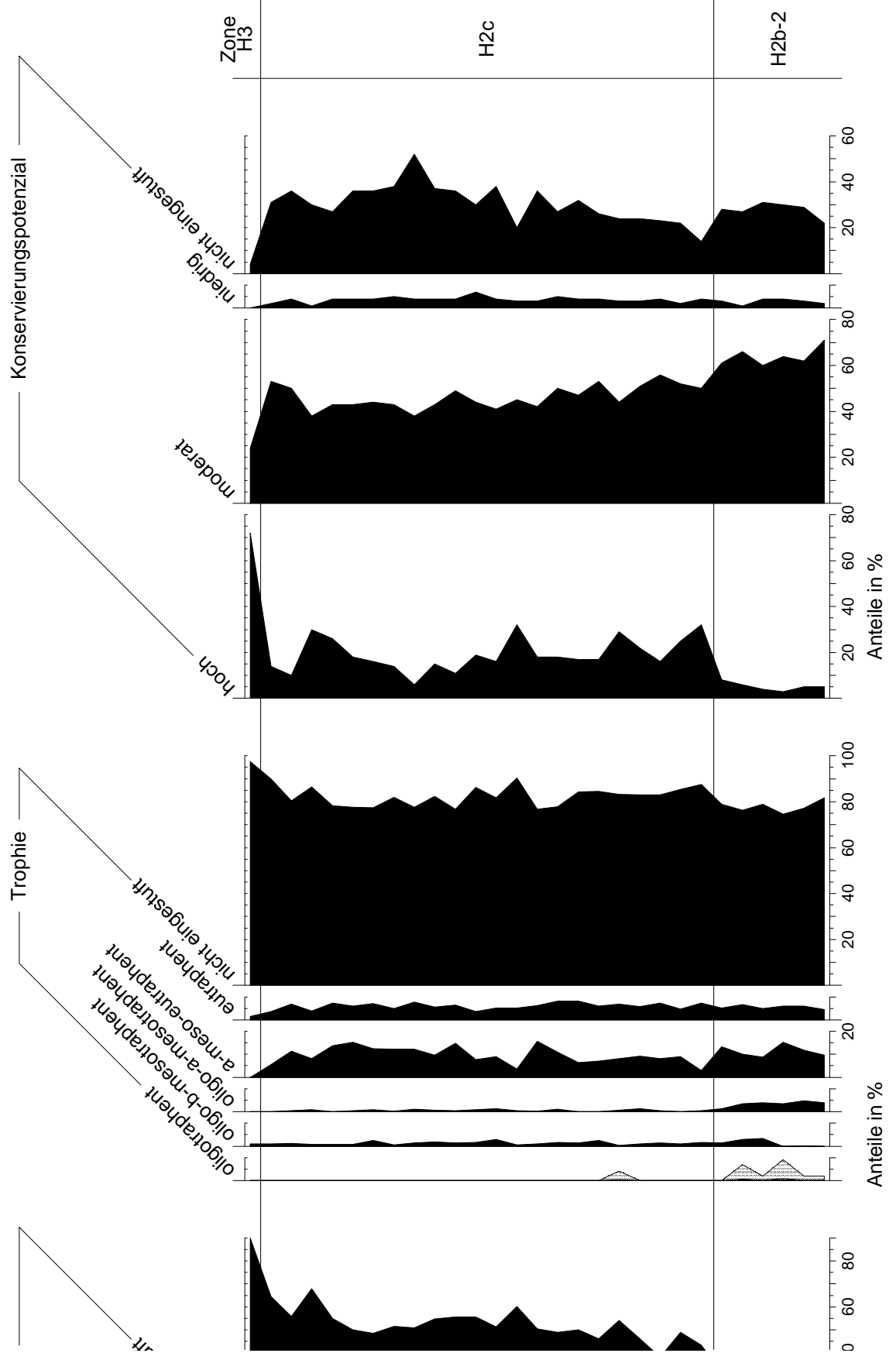
Position: 56°25.393 N - 11°45.026 O

Wassertiefe: 25,6 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt. Die Angabe der Häufigkeiten von Chrysophyceen-Zysten bzw. *Chaetoceros*-Sporen erfolgt in Zy/D100 bzw. Sp/D100. Der Nachweis der Silicoflagellaten *Distephanus speculum* und *Ebria tripartita* erfolgt qualitativ; ihre Präsenz wird notiert. Es bedeutet H: Holozän.









	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580
20																													
40																													
60																													
80																													
100																													
120																													
140																													
160																													
180																													
200																													
220																													
240																													
260																													
280																													
300																													
320																													
340																													
360																													
380																													
400																													
420																													
440																													
460																													
480																													
500																													
520																													
540																													
560																													
580																													

**Abb. A5-B:** Ähnlichkeitsmatrix des Bohrkerns 572015

Die Angabe der Dominanz-Identität erfolgt in %. Es bedeuten 0-39 %: keine bis geringe Ähnlichkeit, 40-49 %: mittlere Ähnlichkeit 50-59 %: Ähnlichkeit, 60-69 %: große Ähnlichkeit, 70-90 %: sehr große Ähnlichkeit.

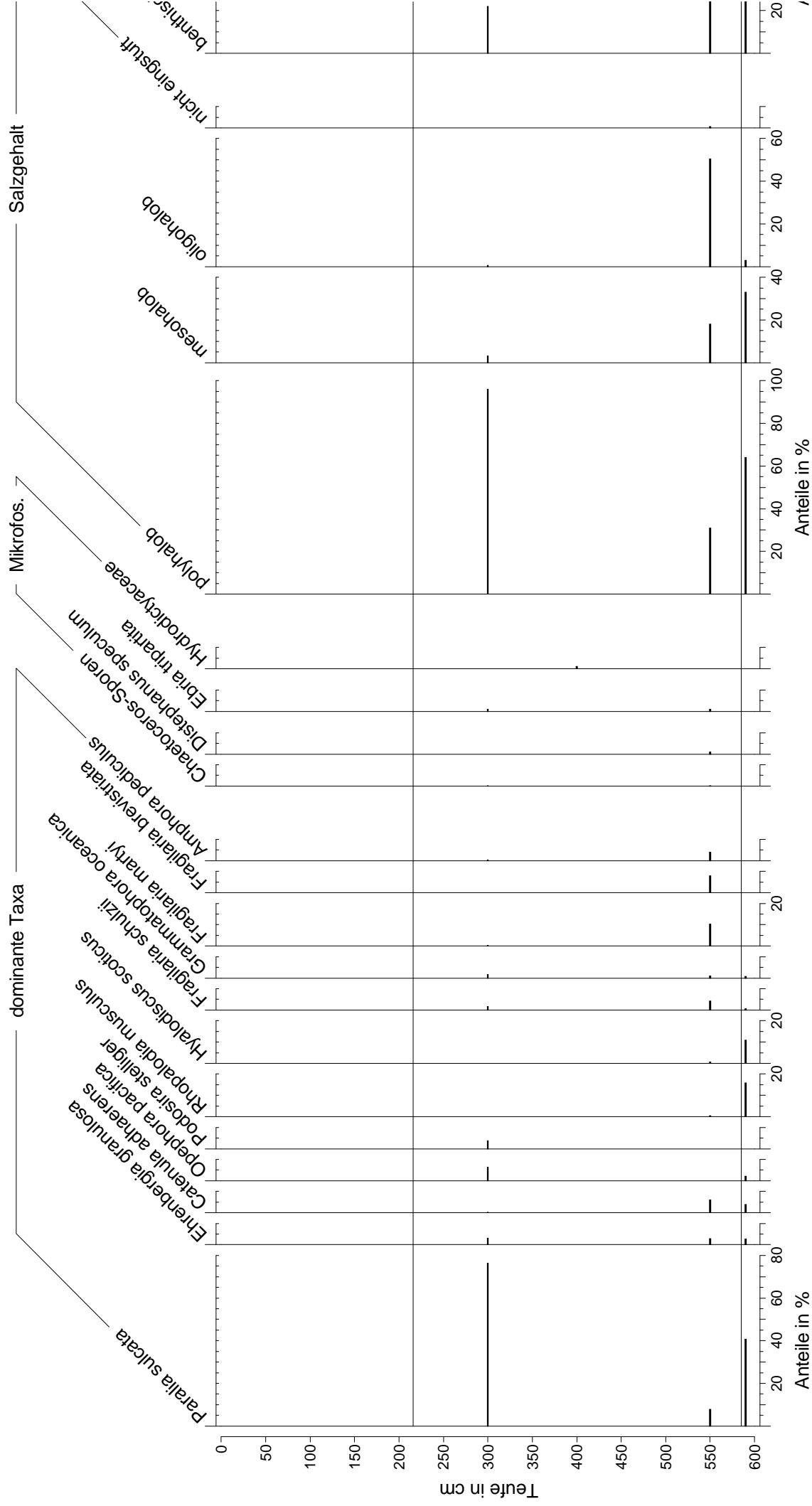
**Abb. A6-A:** Kernprofil 572014

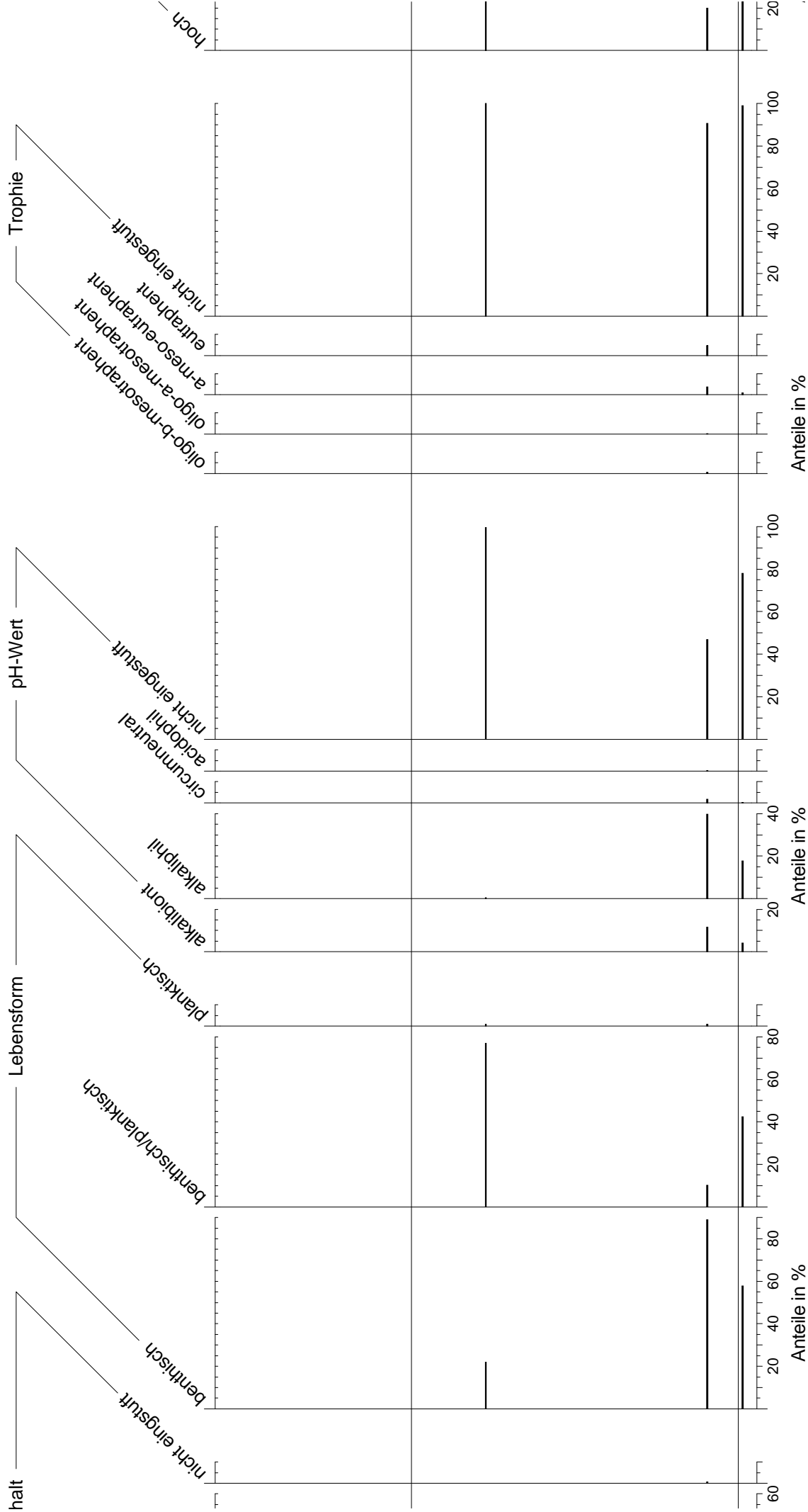
Kattegat

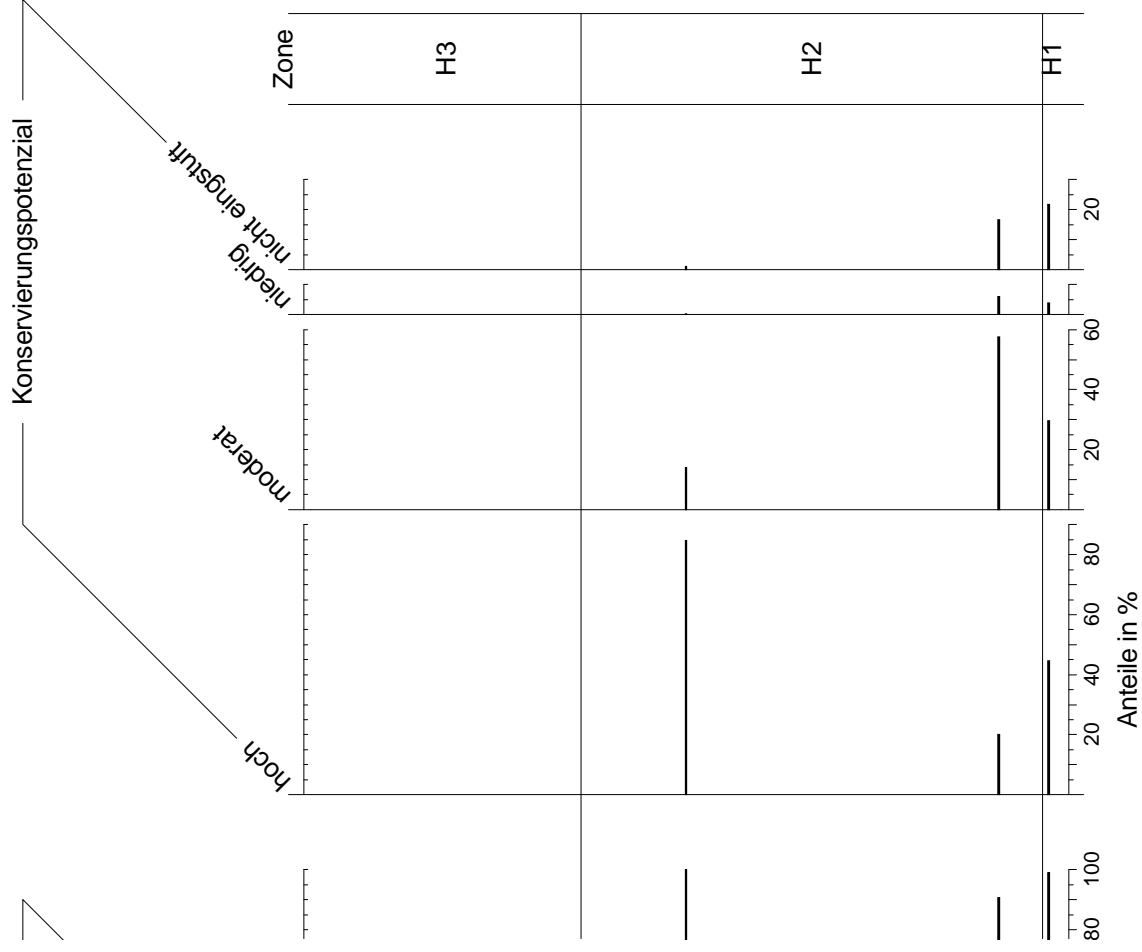
Position: 56°28.261 N - 11°36.136 O

Wassertiefe: 24,4 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt. Die Angabe der Häufigkeit von *Chaetoceros*-Sporen erfolgt in Sp/D100. Der Nachweis des Sili-coflagellaten *Distephanus speculum* und *Ebria tripartita* erfolgt qualitativ; ihre Präsenz wird notiert. Es bedeutet H: Holozän.







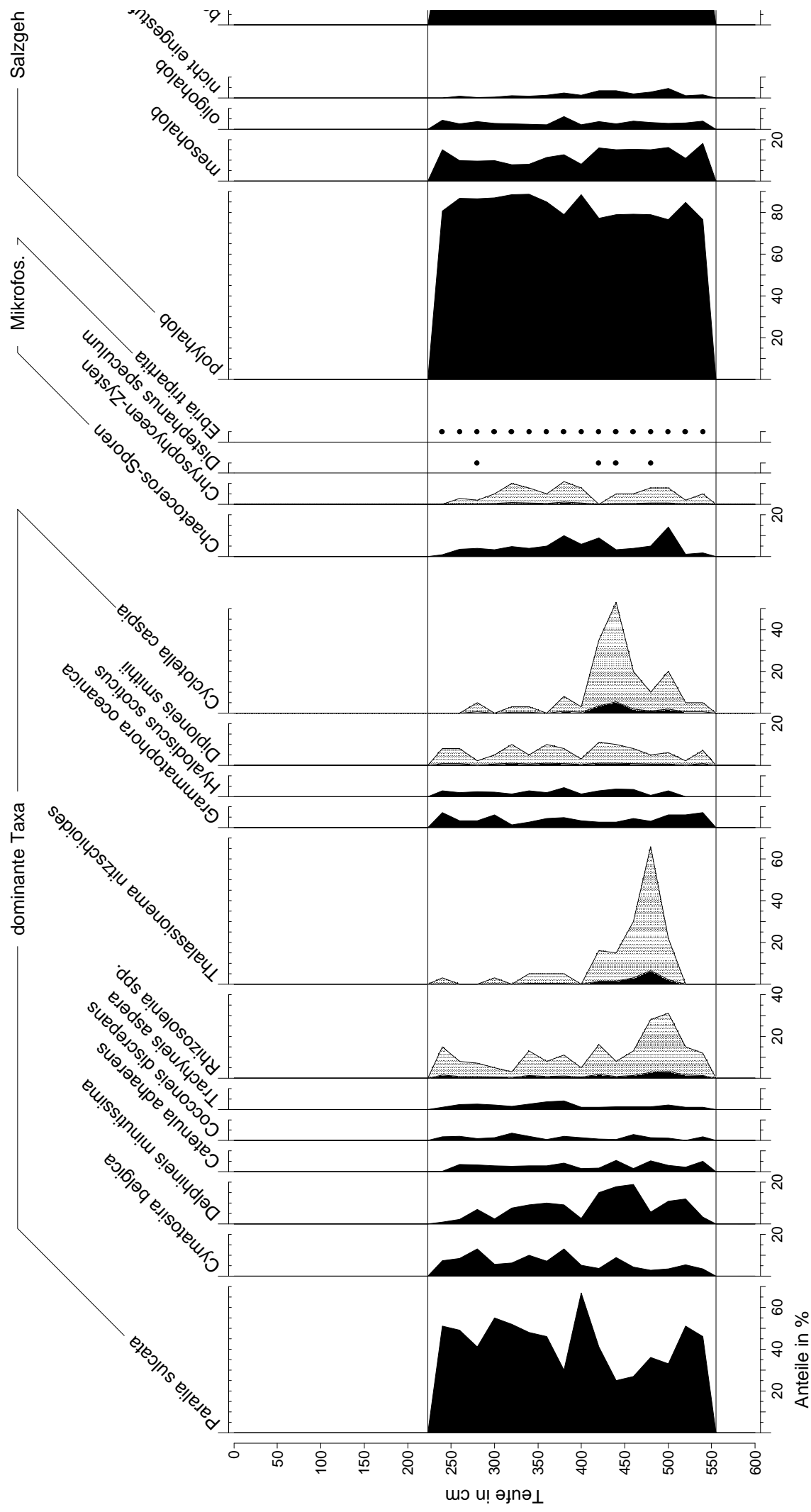
**Abb. A7-A:** Kernprofil 572023

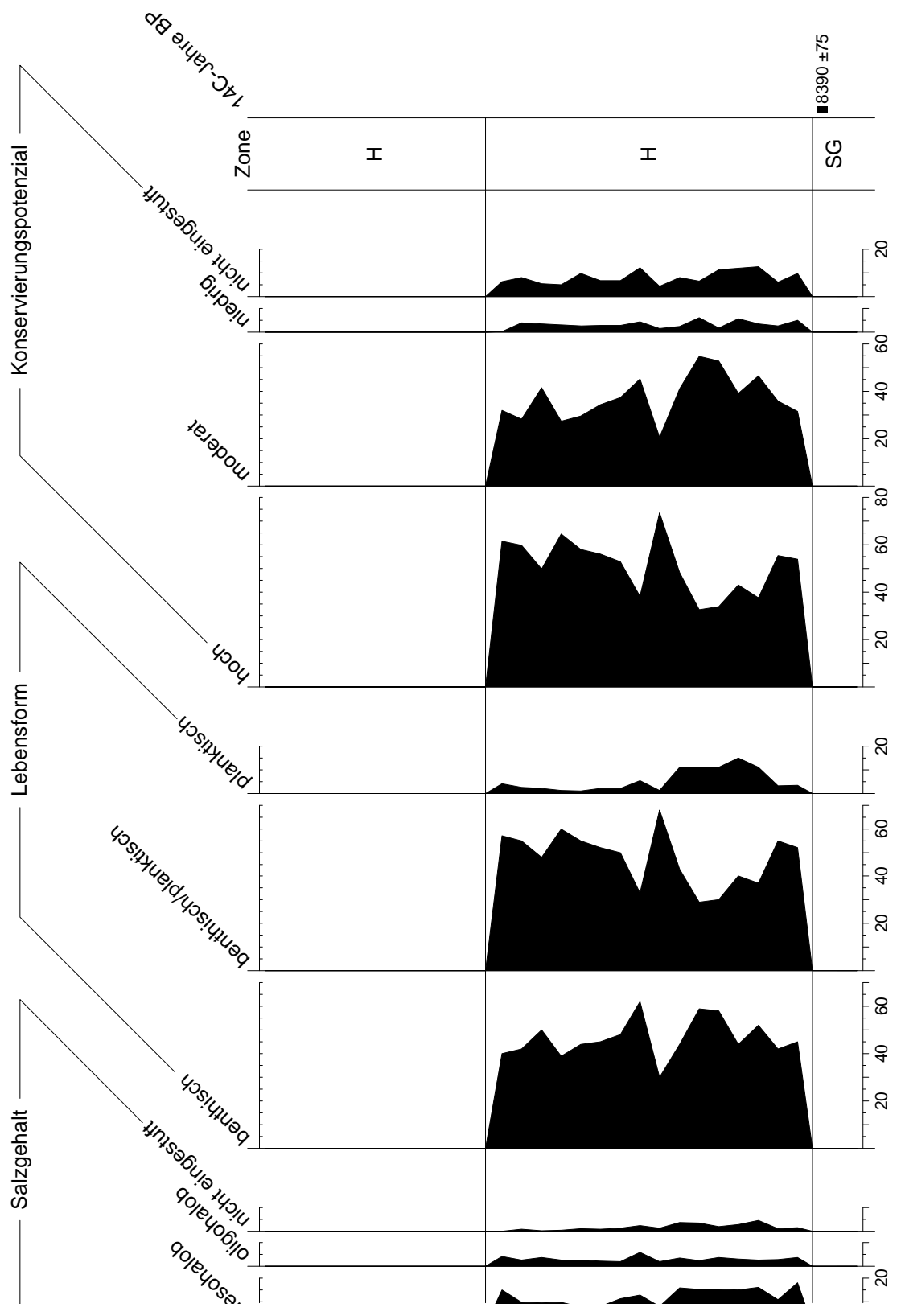
Kattegat

Position: 55°18.566 N - 11°38.863 O

Wassertiefe: 33,8 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt. Die Angabe der Häufigkeiten von Chrysophyceen-Zysten bzw. *Chaetoceros*-Sporen erfolgt in Zy/D100 bzw. Sp/D100. Der Nachweis der Silicoflagellaten *Distephanus speculum* und *Ebria tripartita* erfolgt qualitativ; ihre Präsenz wird notiert. Die Altersangabe erfolgt in reservoirkorrigierten <sup>14</sup>C-Jahren BP. Es bedeuten SG: Spätglazial, H: Holozän.









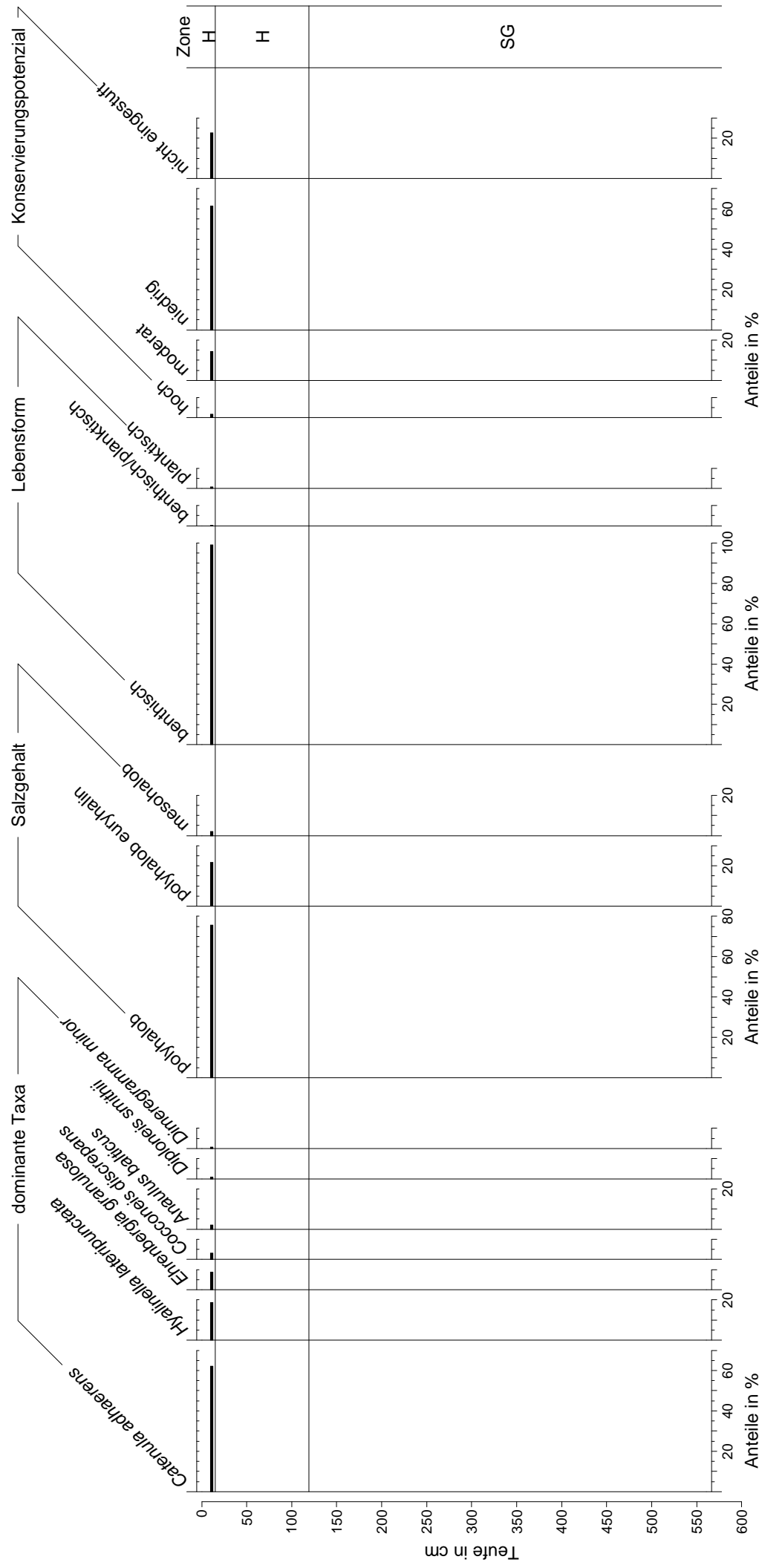
**Abb. A8-A:** Kernprofil 572001

Kattegat

Position: 6237960,28 N - 663115,31 O

Wassertiefe: 23,9 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. Es bedeuten SG: Spätglazial, H: Holozän.



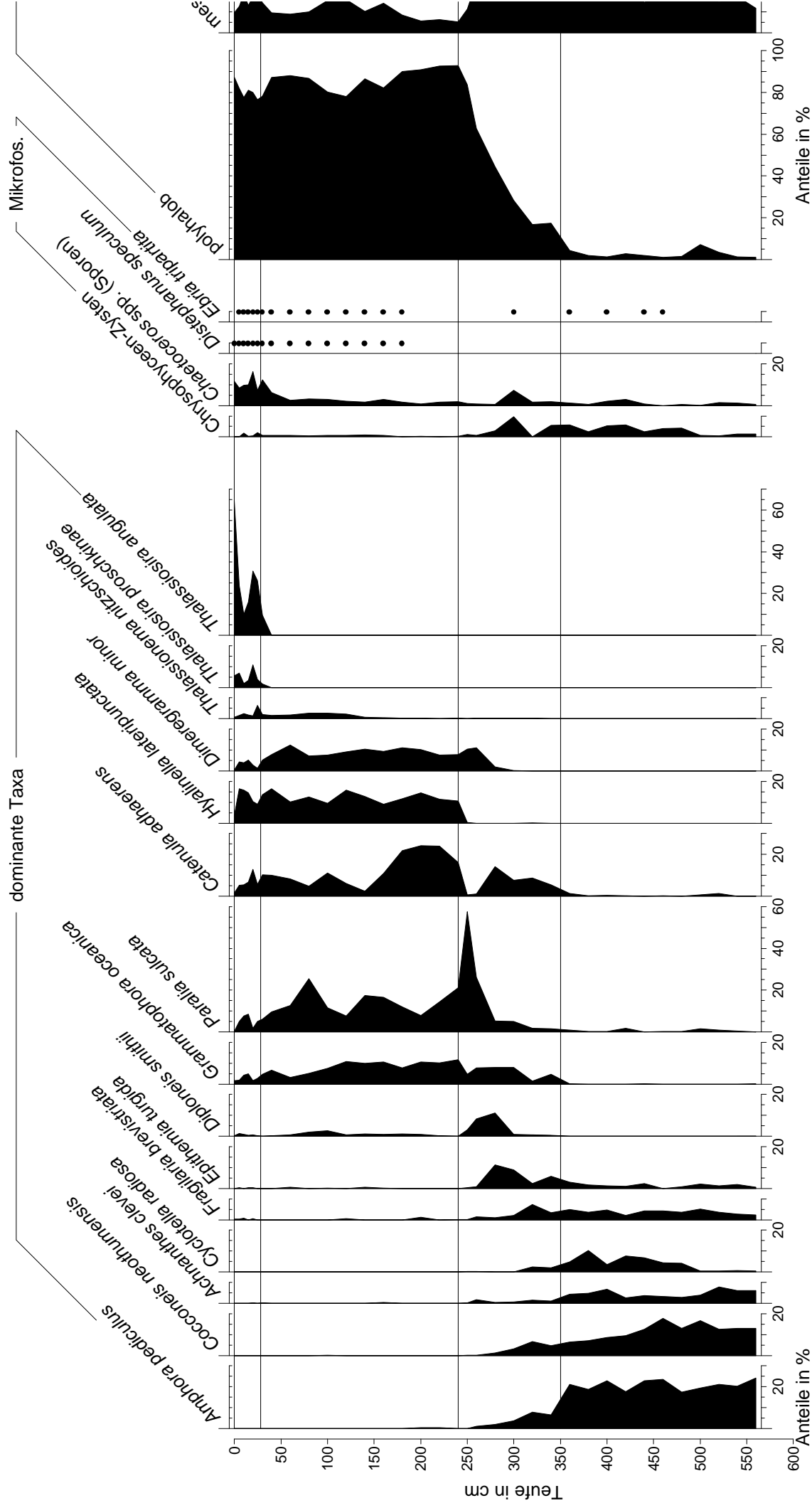
**Abb. A9-A:** Kernprofil 564052

Kieler Bucht

Position: 54°38.790 N - 10°51.440 O

Wassertiefe: 26,7 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt. Die Angabe der Häufigkeiten von Chrysophyceen-Zysten bzw. *Chaetoceros*-Sporen erfolgt in Zy/D100 bzw. Sp/D100. Der Nachweis der Silicoflagellaten *Distephanus speculum* und *Ebria tripartita* erfolgt qualitativ; ihre Präsenz wird notiert. Die Altersangabe erfolgt in <sup>14</sup>C-Jahren BP. Es bedeuten M: Mastogloia, L: Littorina, o. E.: ohne Einheit.



is. 7

Salzgehalt

Lebensform

mesohalob

halophil

oligohalob

nicht eingestuft

Halobienindex

benthisch

benthisch/planktisch

planktisch

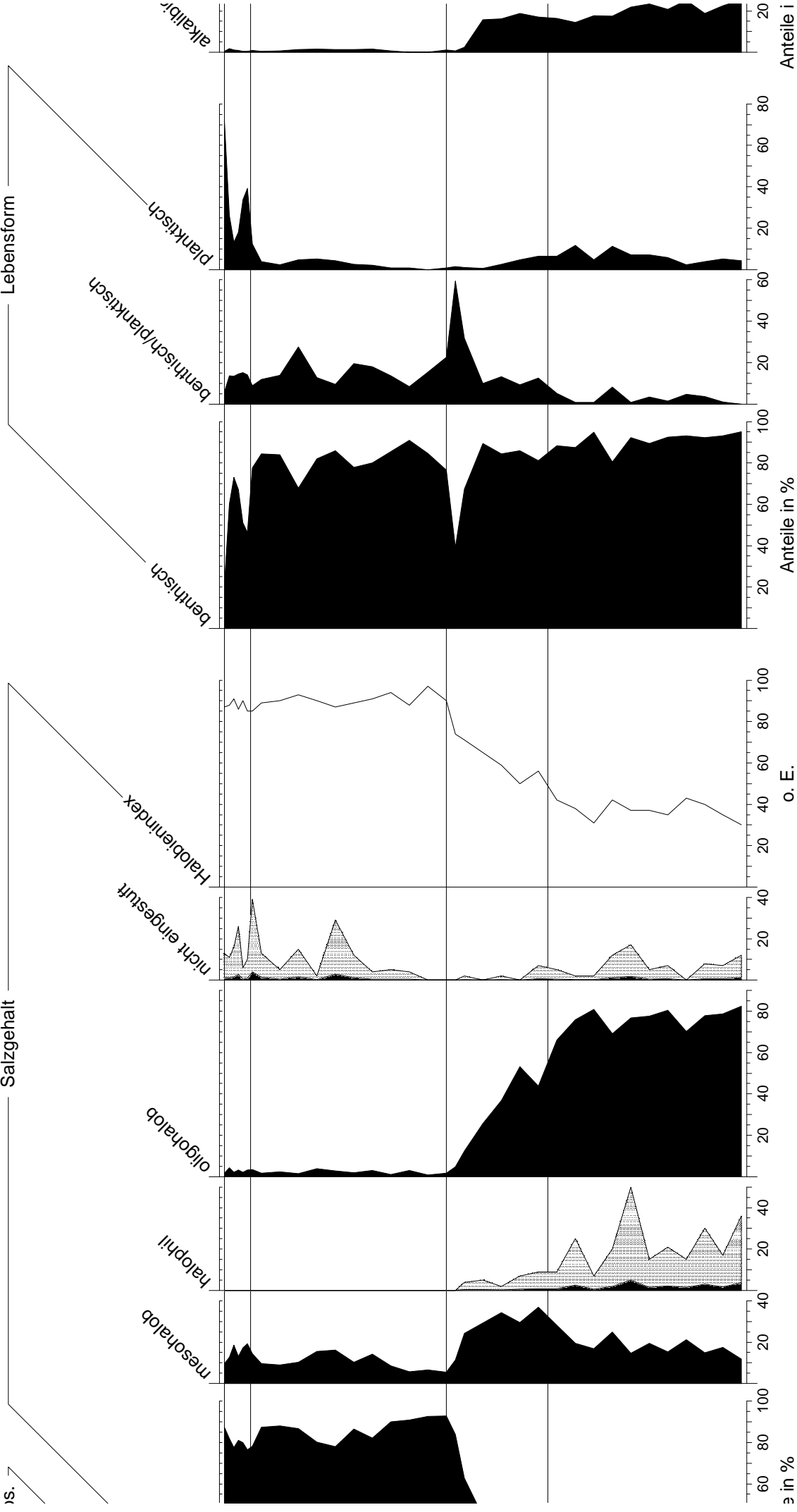
alkalibiv

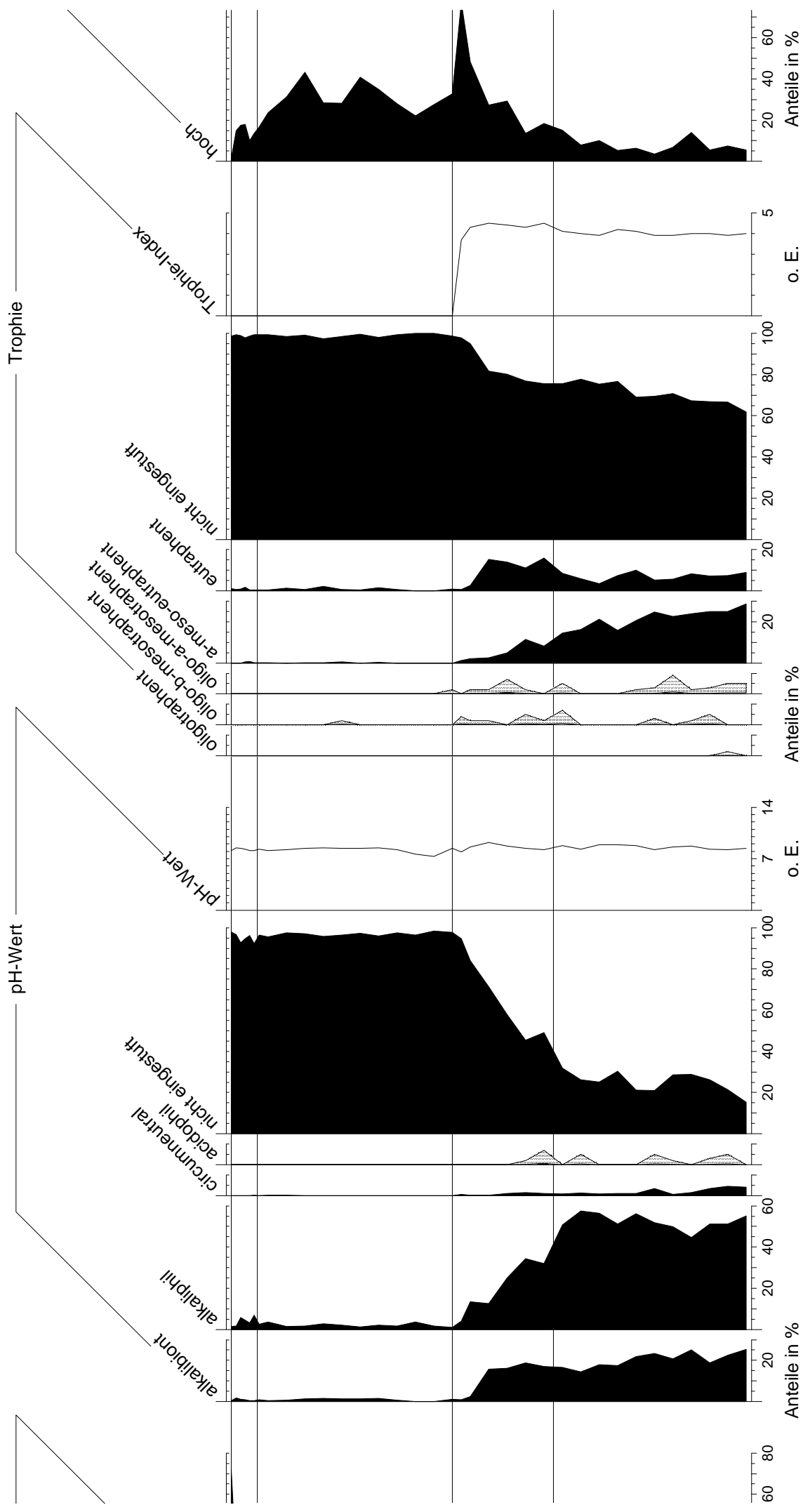
in %

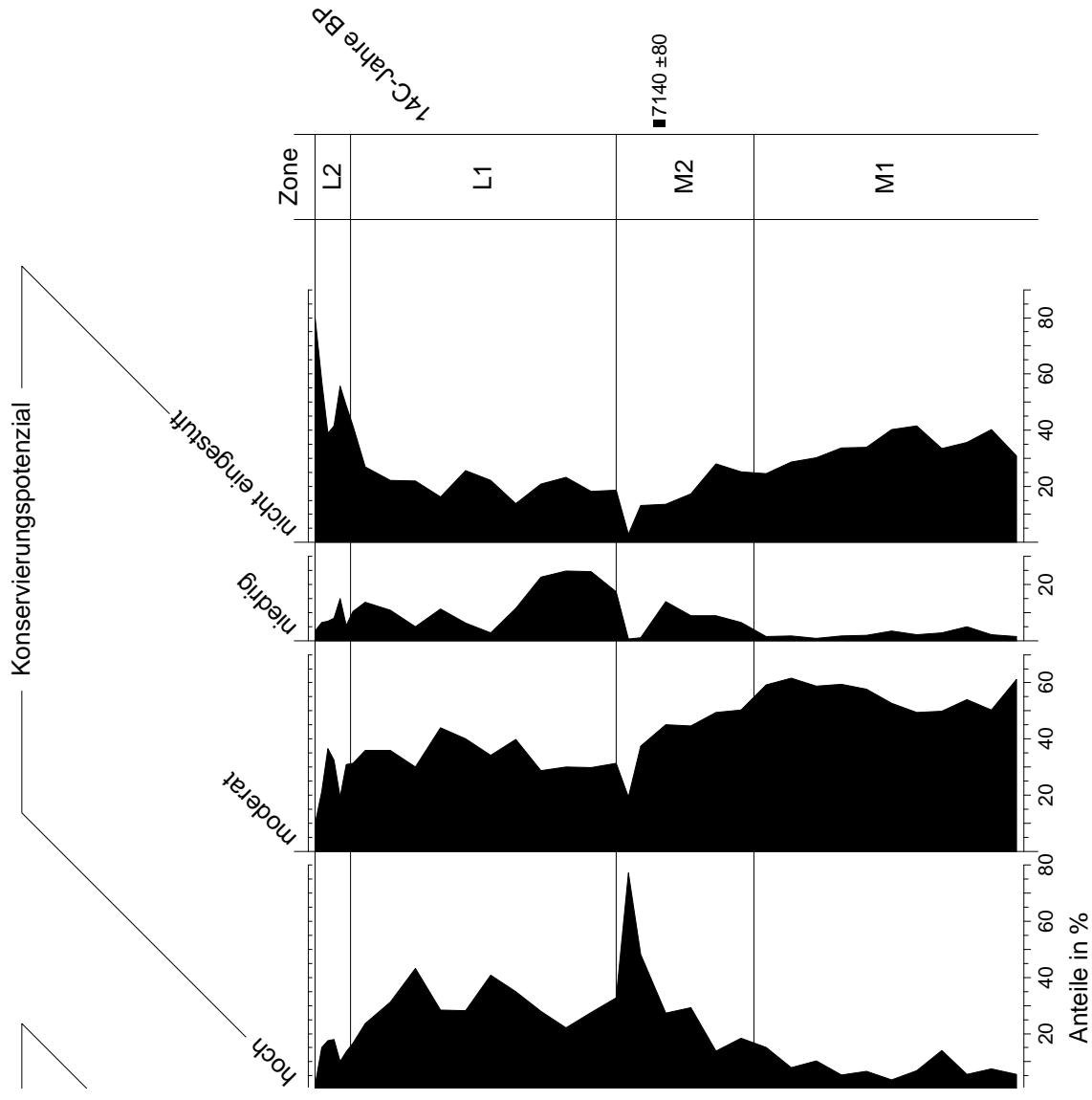
o. E.

Anteile in %

Anteile i











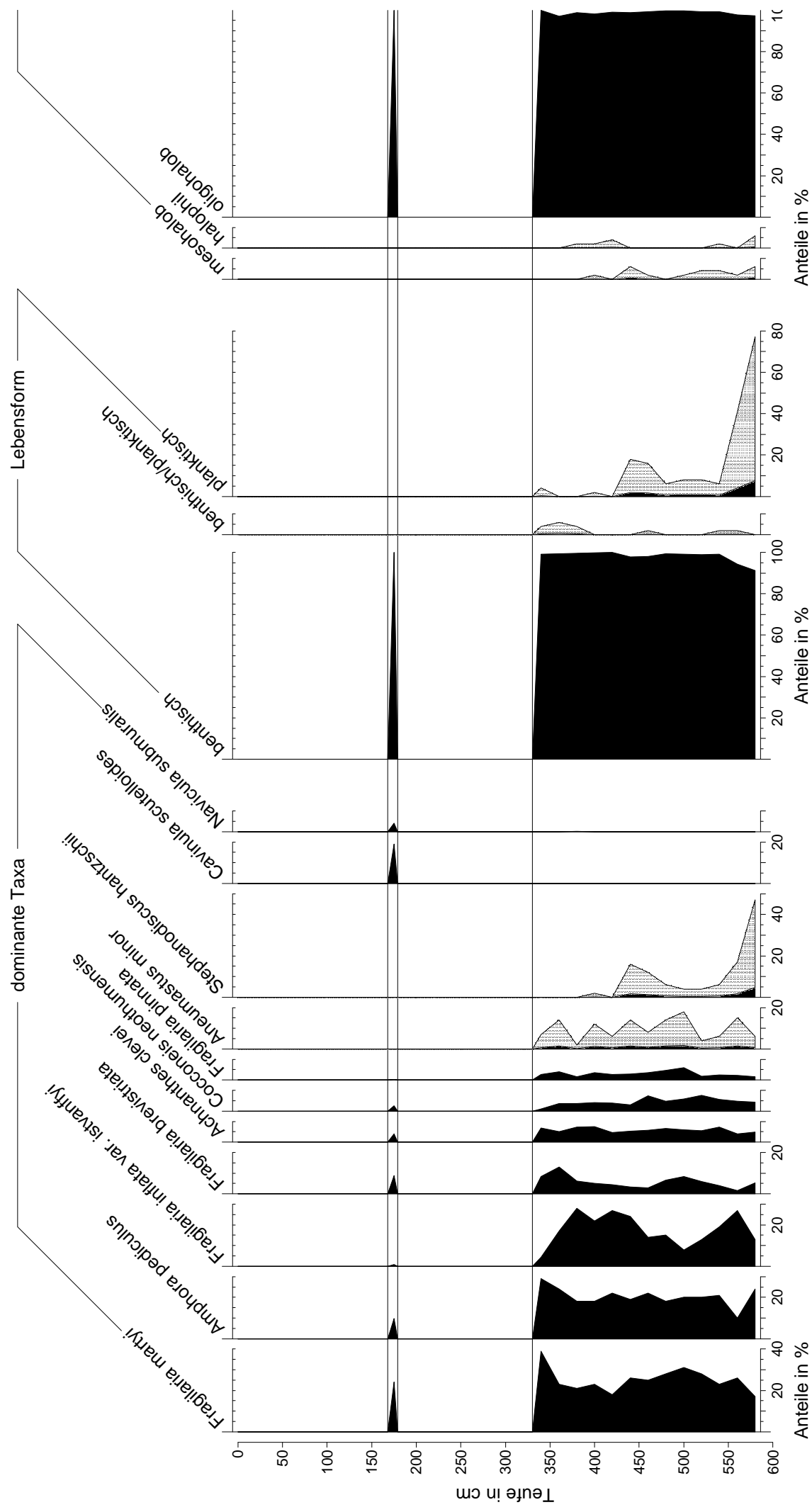
**Abb. A10-A:** Kernprofil 212860

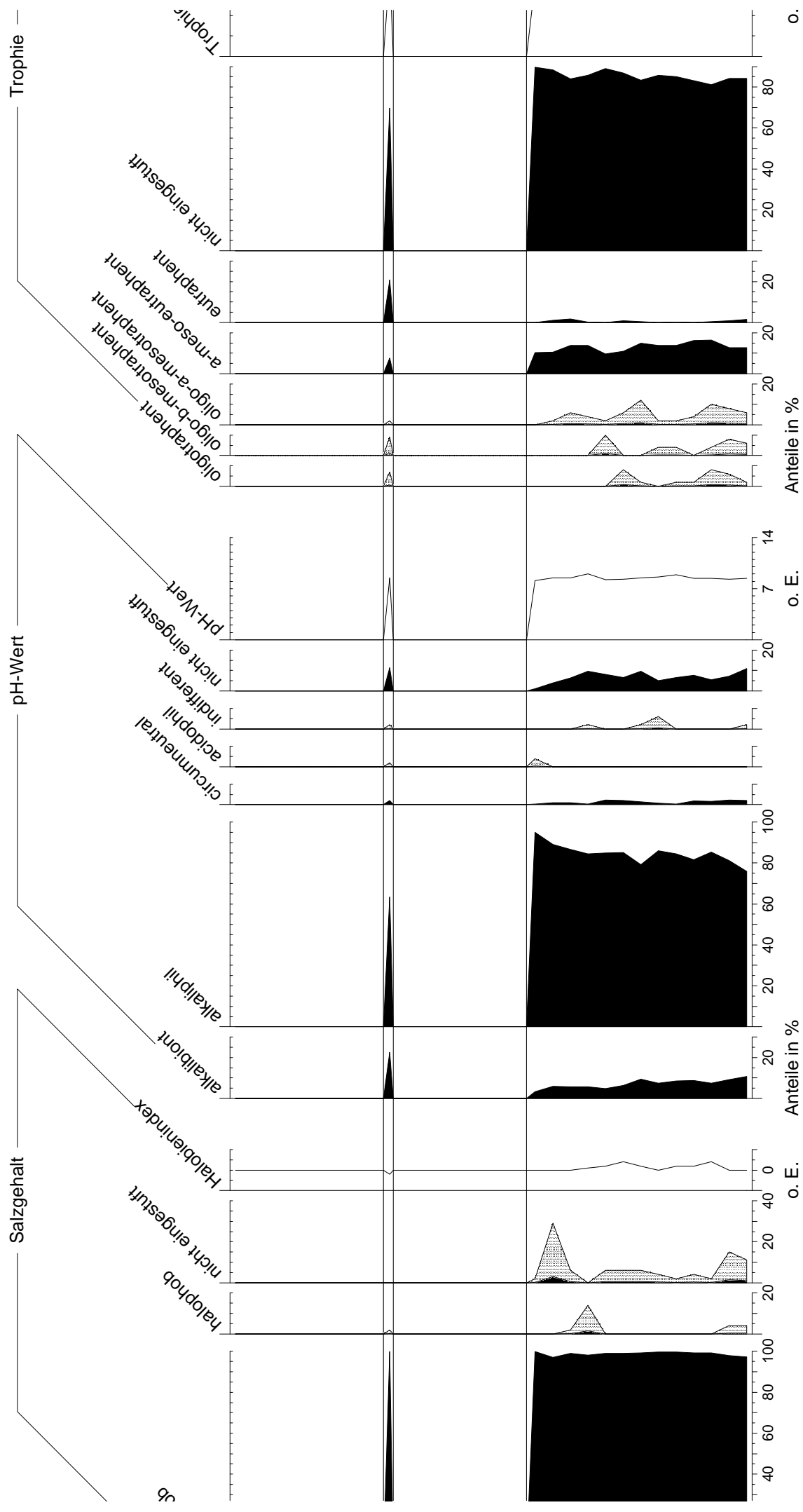
Pommersche Bucht

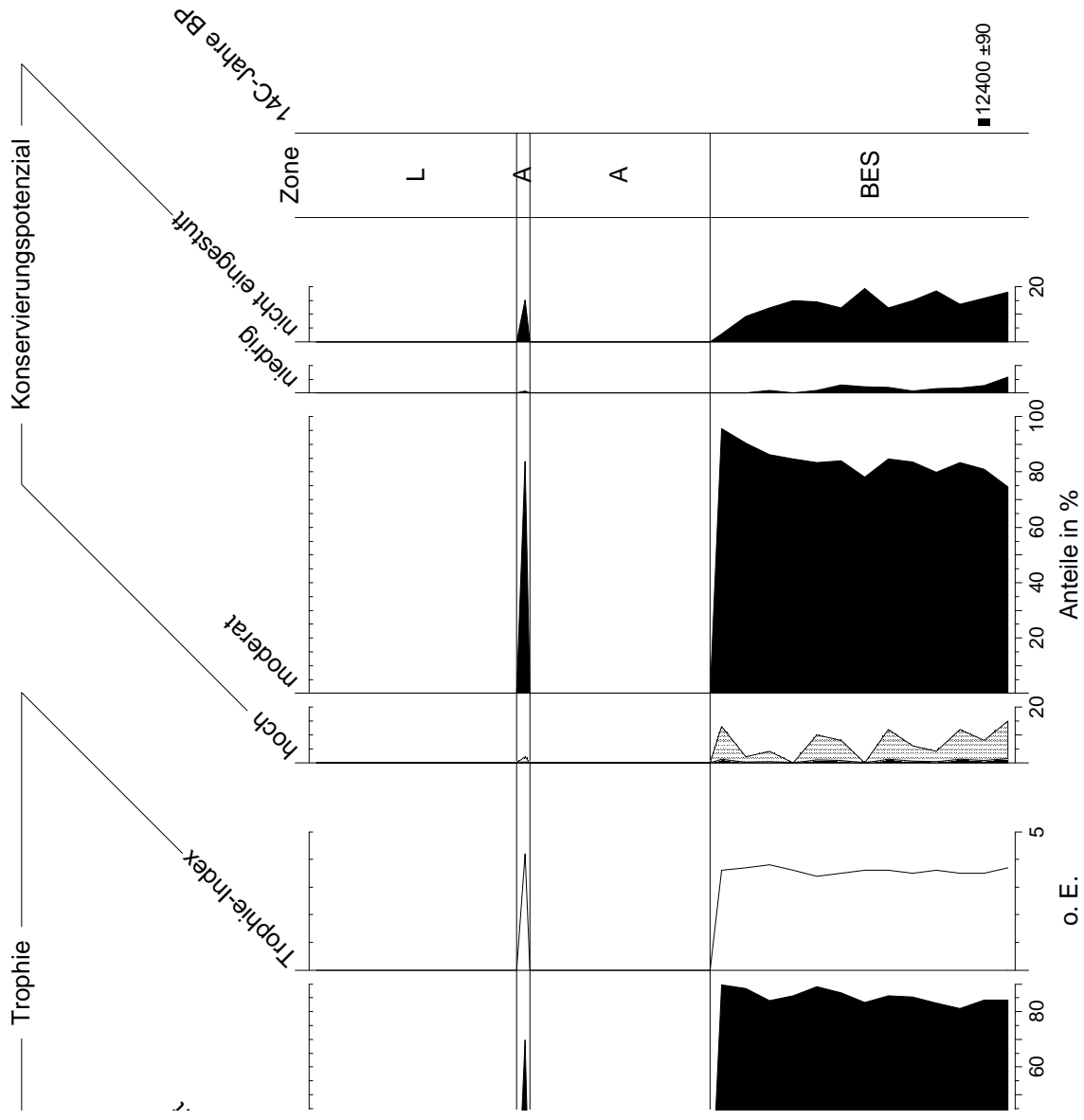
Position: 54°14.892 N - 14°44.398 O

Wassertiefe: 15,4 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt. Die Altersangabe erfolgt in reservoirkorrigierten <sup>14</sup>C-Jahren BP. Es bedeuten BES: Baltischer Eisstausee, A: Ancyclus, L: Littorina, o. E.: ohne Einheit.









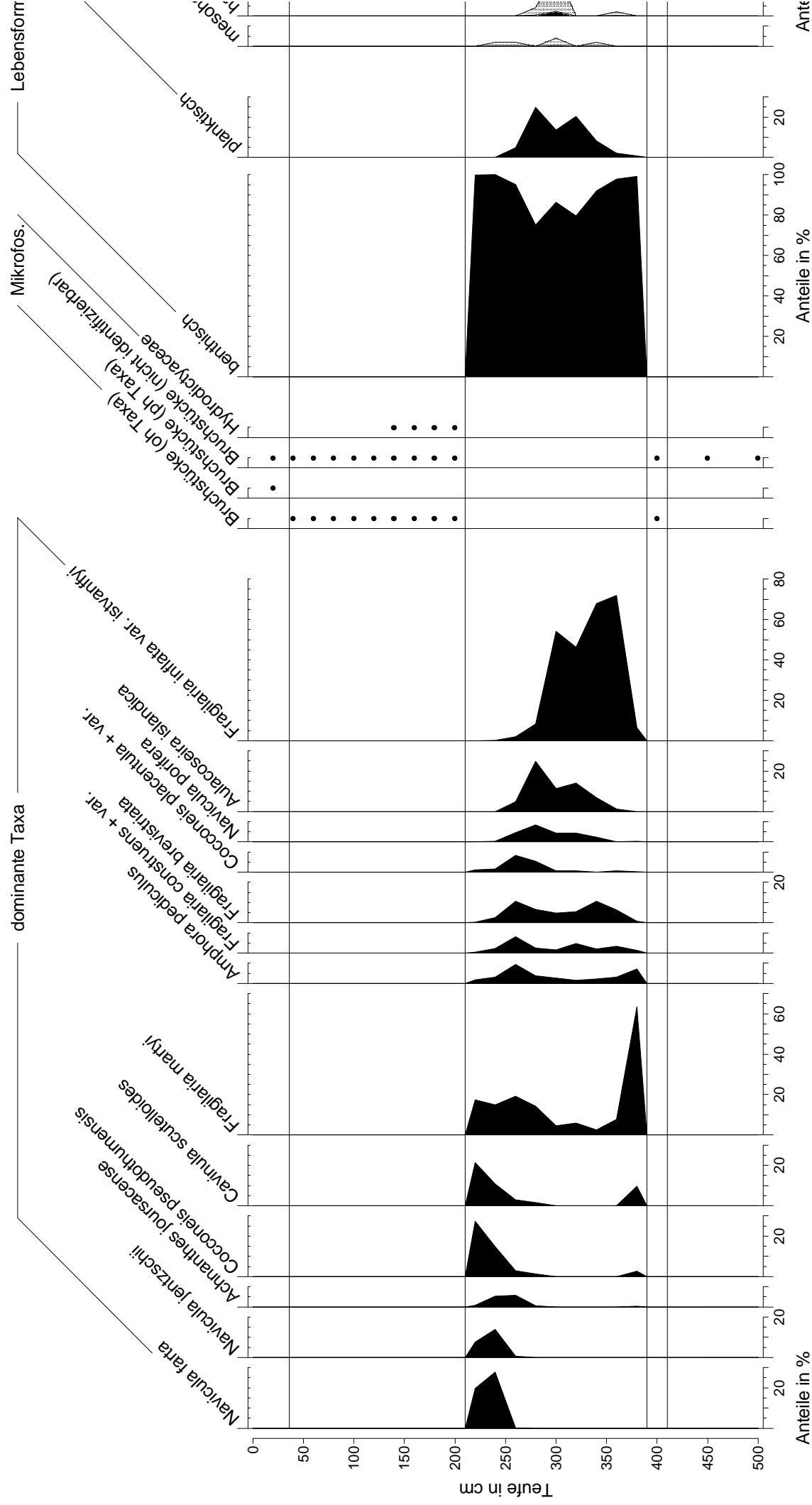
**Abb. A11-A:** Kernprofil 212790

Pommersche Bucht

Position: 54°35.043 N - 14°39.277 O

Wassertiefe: 34,4 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt. Die Altersangabe erfolgt in reservoirkorrigierten <sup>14</sup>C-Jahren BP. Es bedeuten BES: Baltischer Eisstausee, A: Ancyclus, L: Littorina, o. E.: ohne Einheit.





pH-Wert

Salzgehalt

Lebensform

nicht eingingstuf  
eutra-phent  
a-meso-eutra-phent  
oligo-b-mesotraphent  
oligo-a-mesotraphent

acidophil  
nicht eingingstuf  
circumneutral

alkaliphil  
alkalibiont  
Halobienindex  
nicht eingingstuf

oligohalob  
mesohalob  
halophil  
planktisch

Anteile in %

o. E.

Anteile in %  
o. E.

Anteile in %

40

20

14

60

20

20

100

20

20

40

100

20

40

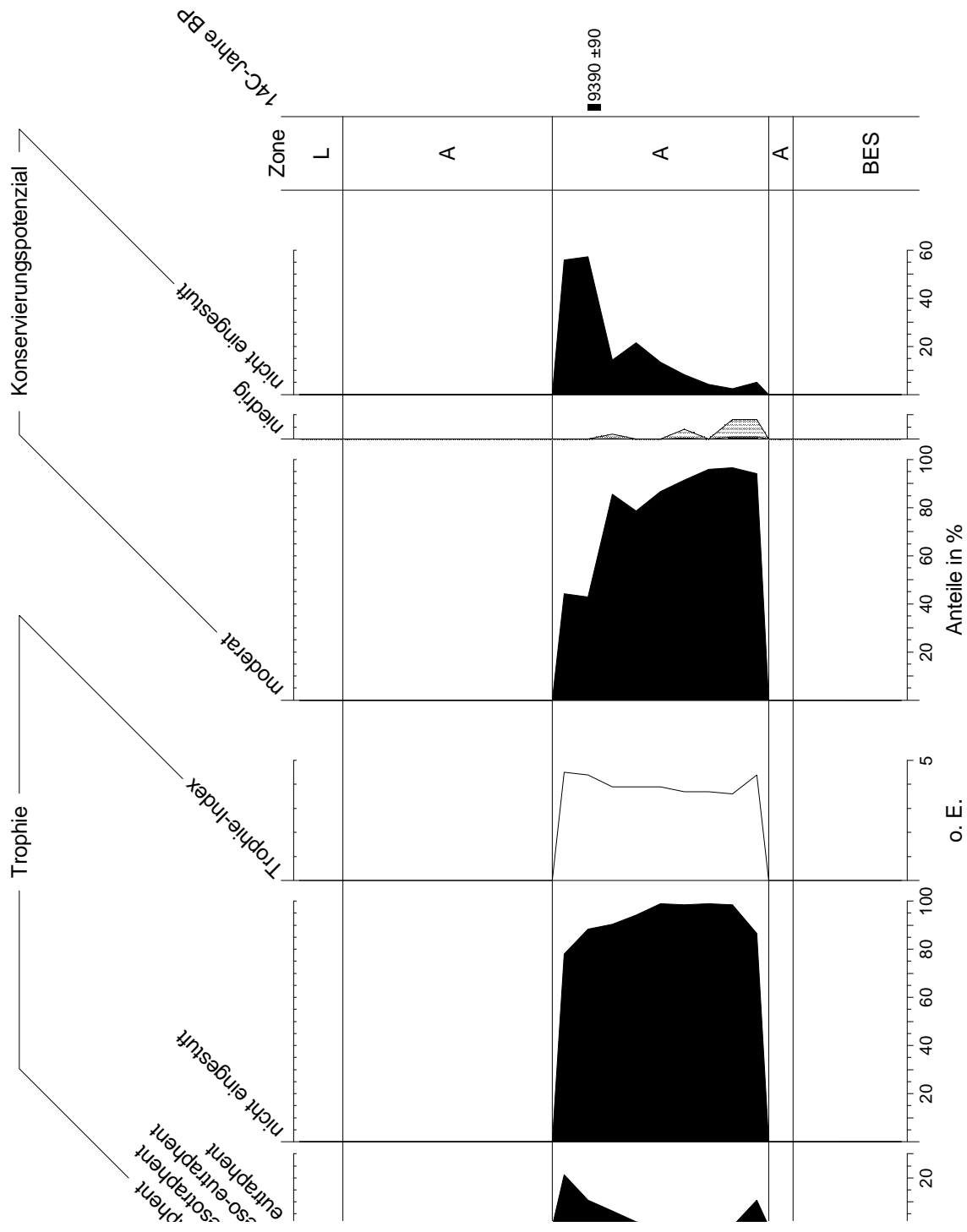
20

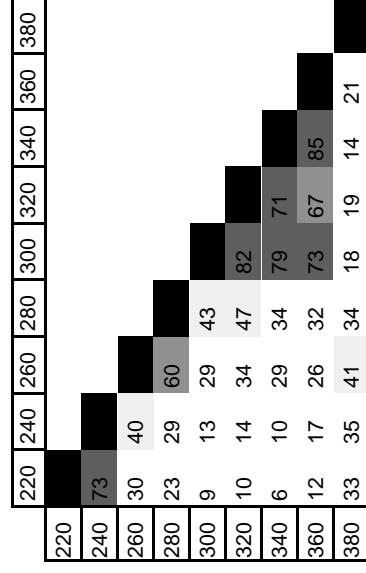
20

20

20

20





**Abb. A11-B:** Ähnlichkeitsmatrix des Bohrkerns 212790

Die Angabe der Dominanz-Identität erfolgt in %. Es bedeuten 0-39 %: keine bis geringe Ähnlichkeit, 40-49 %: mittlere Ähnlichkeit 50-59 %: Ähnlichkeit, 60-69 %: große Ähnlichkeit, 70-90 %: sehr große Ähnlichkeit.

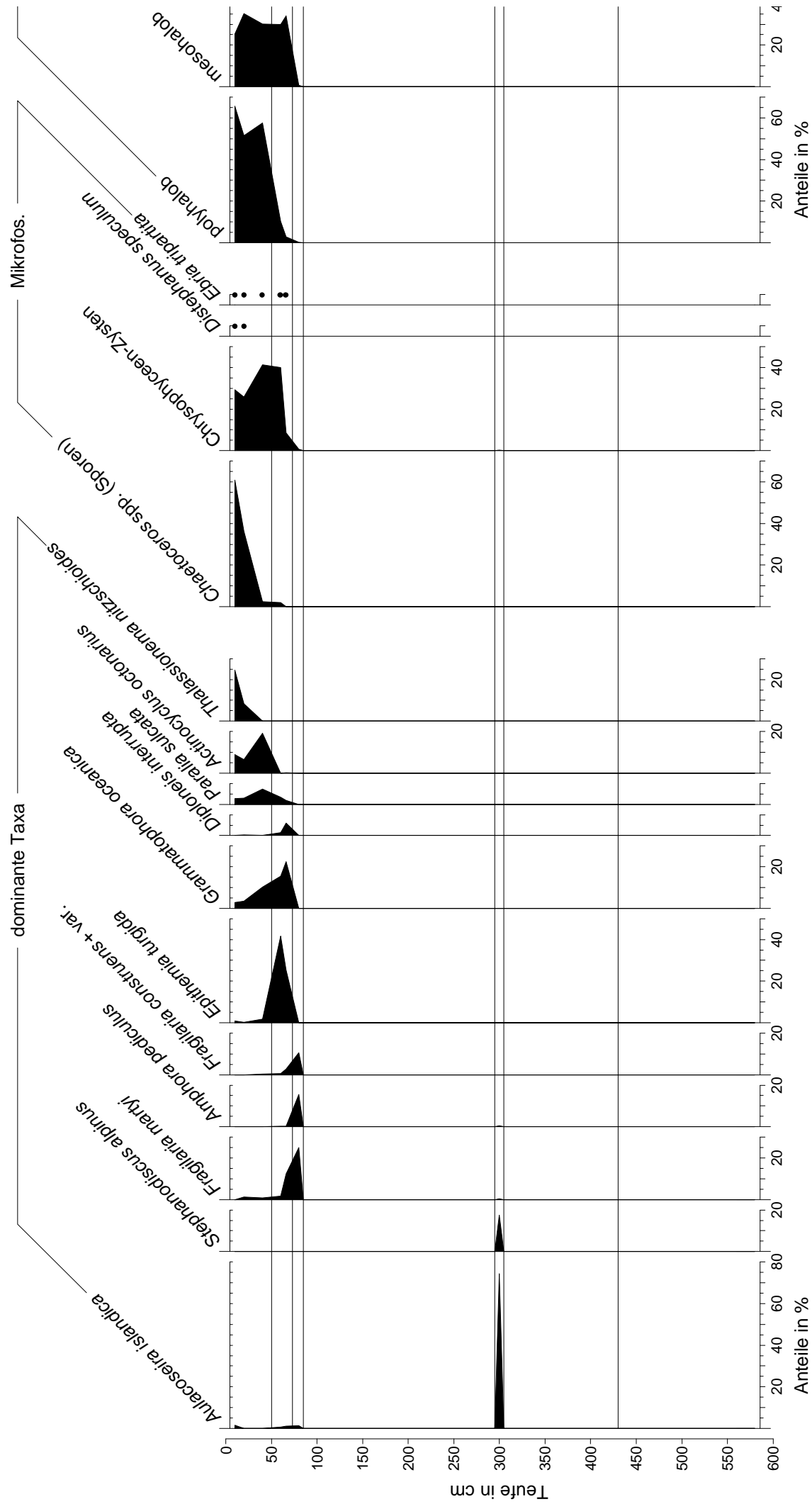
**Abb. A12-A:** Kernprofil 212810

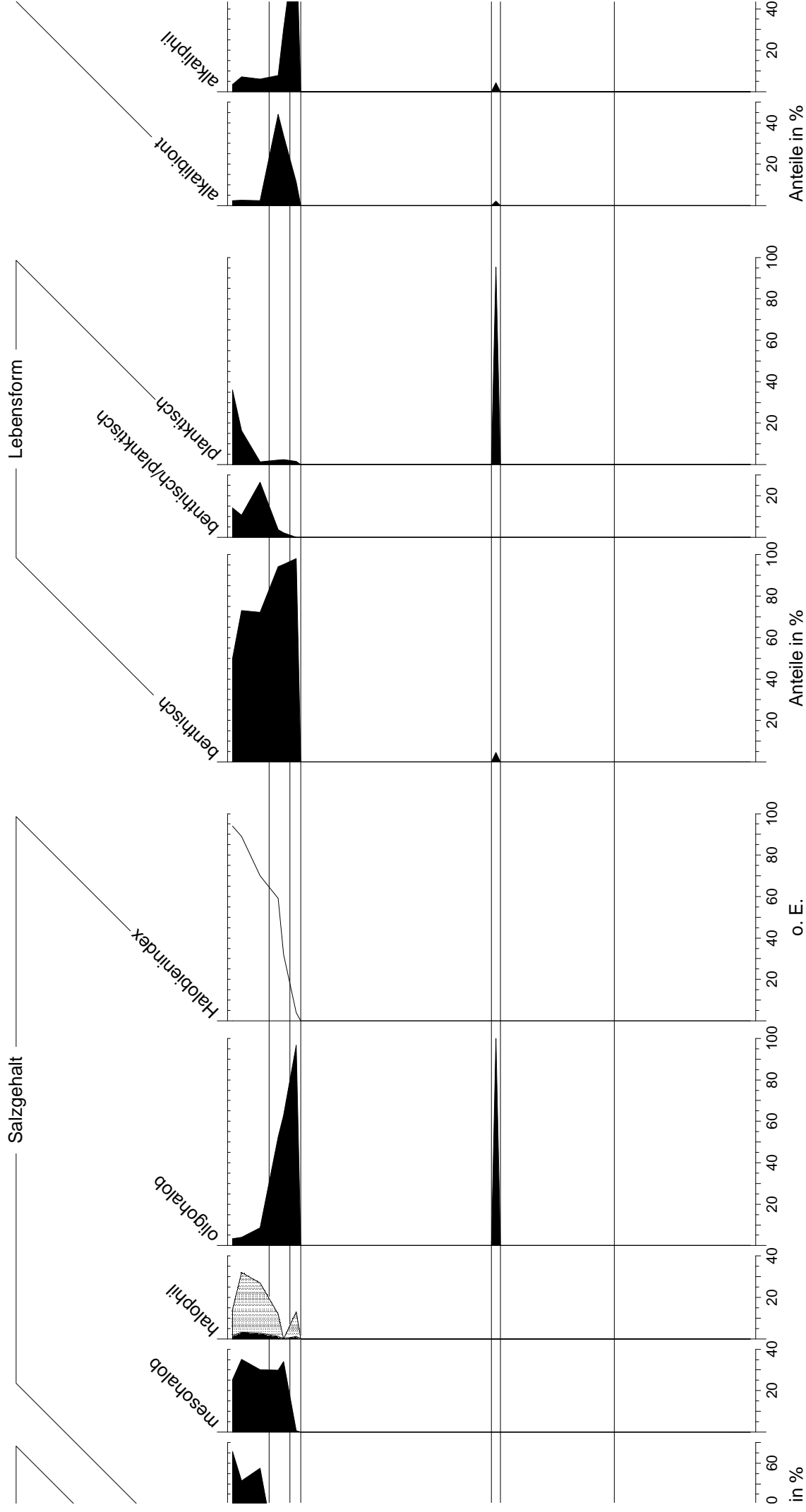
Pommersche Bucht

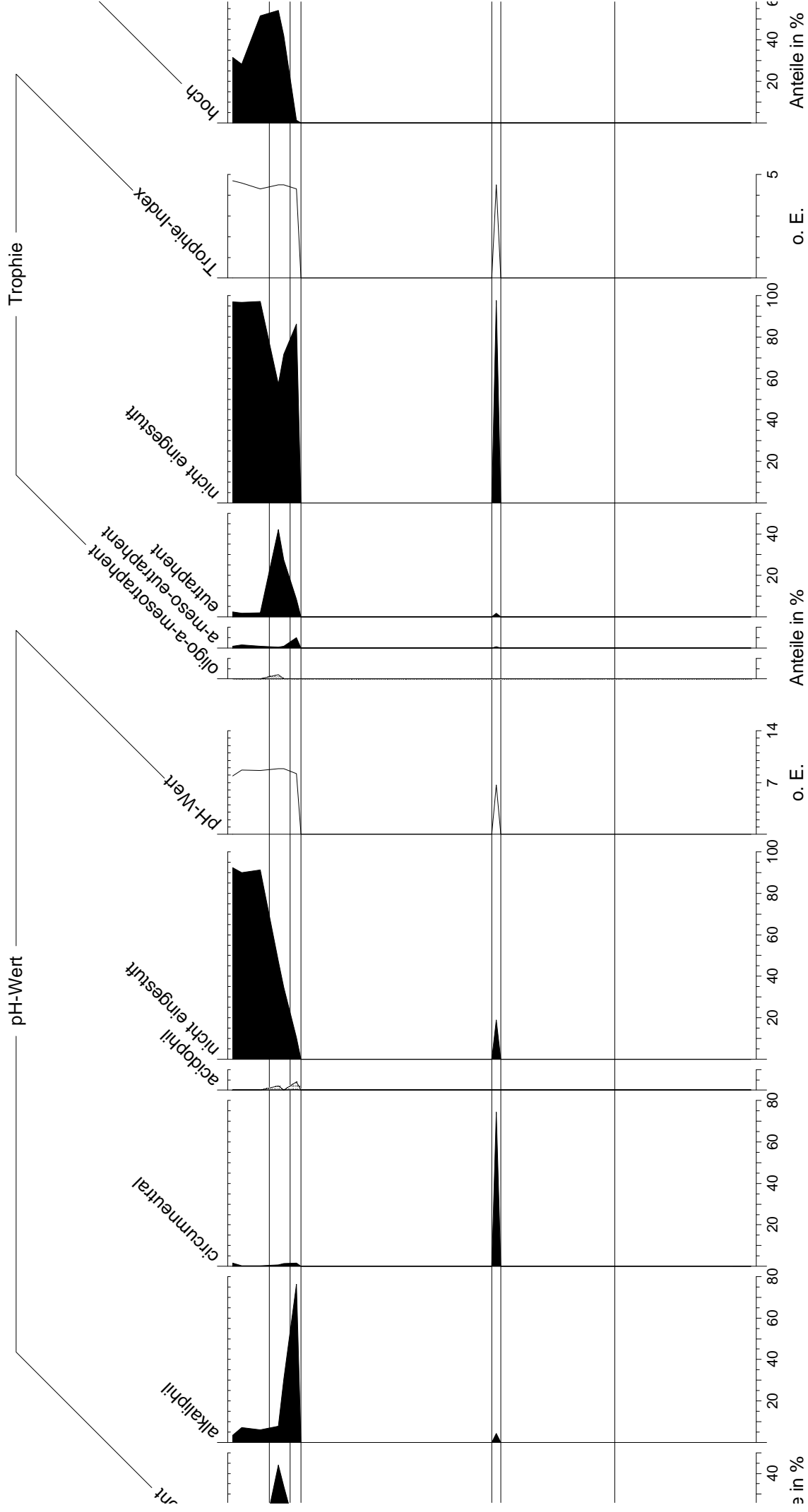
Position: 54°40.776 N - 14°44.369 O

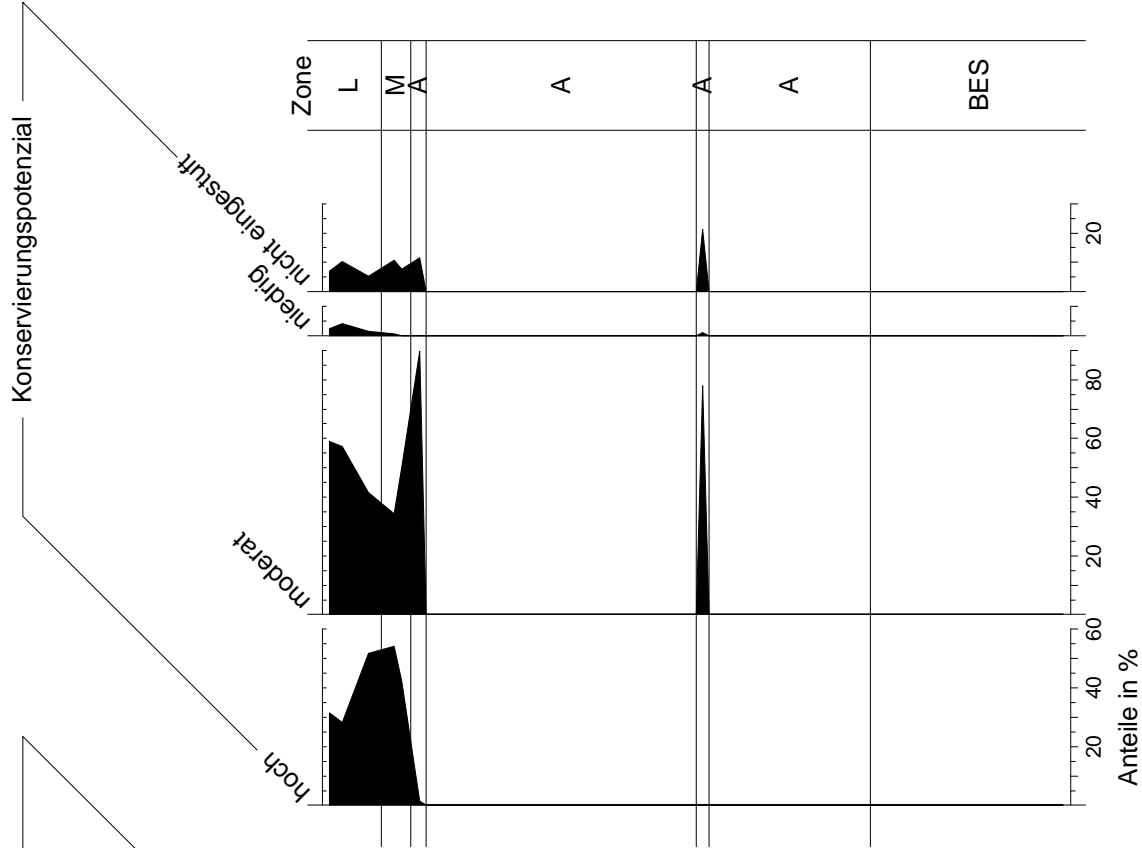
Wassertiefe: 52,4 m

Dargestellt wird die Verteilung der dominanten und häufigen Taxa sowie verschiedener Artengruppen über die gesamte Länge des Kernprofils. 10fach überhöhte Kurvenabschnitte werden punktiert dargestellt. Die Angabe der Häufigkeiten von Chrysophyceen-Zysten bzw. *Chaetoceros*-Sporen erfolgt in Zy/D100 bzw. Sp/D100. Der Nachweis der Silicoflagellaten *Distephanus speculum* und *Ebria tripartita* erfolgt qualitativ; ihre Präsenz wird notiert. Es bedeuten BES: Baltischer Eisstausee, A: Ancyclus, M: Mastogloia, L: Littorina, o. E.: ohne Einheit.











	10	20	40	60	66	80	300
10							
20							
40							
60							
66							
80							
300							

**Abb. A12-B:** Ähnlichkeitsmatrix des Bohrkerns 212810

Die Angabe der Dominanz-Identität erfolgt in %. Es bedeuten 0-39 %: keine bis geringe Ähnlichkeit, 40-49 %: mittlere Ähnlichkeit 50-59 %: Ähnlichkeit, 60-69 %: große Ähnlichkeit, 70-90 %: sehr große Ähnlichkeit.